

UNTERSUCHUNG ÜBER
DEN EINFLUSS UNTERSCHIEDLICHER
SPÜLINTERVALL-DAUER AUF DIE
NYSTAGMUS-AKTIVITÄT BEI
THERMISCHER VERSTIBULAR-PRÜFUNG
MIT DEM ZIEL
UNTERSUCHUNGSMETHODISCHER
VERBESSERUNGEN

Wulf-Dietrich Roeser-Mueller

*Liss
München
1985*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554813_0011

Aus der Klinik u. Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohren-
krankheiten der Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. H. H. Naumann

UNTERSUCHUNG ÜBER DEN EINFLUSS UNTERSCHIEDLICHER
SPÜLINTERVALL-DAUER AUF DIE NYSTAGMUS-AKTIVITÄT BEI THER-
MISCHER VERSTIBULAR-PRÜFUNG MIT DEM ZIEL UNTERSUCHUNGSMETHODISCHER
VERBESSERUNGEN

Inaugural

-

Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Wulf-Dietrich Roeser-Mueller

München 1984

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. H. Scherer
Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. H. Naumann
Dekan: Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung: 27.06.1985

1.	EINLEITUNG	1
2.	DIE PHYSIOLOGISCHEN GRUNDLAGEN DER THERM. LABYRINTH- PRÜFUNG UND DEREN GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG	4
3.	DIE BEDEUTUNG DER UNTERSUCHUNGSMODALITÄTEN FÜR EINE STANDARDISIERTE THERMISCHE LABYRINTHPRÜFUNG	12
3.1.	Der Einfluß der Wassermenge	12
3.2.	Der Einfluß der Wassertemperatur	17
3.3.	Der Einfluß der Spüldauer	24
3.4.	Der Einfluß der Spülintervall-Dauer	28
3.4.1.	Habituatation	29
3.4.2.	Phasentheorie	41
3.4.3.	Temperatureinfluß	45
3.5.	Methodisch bedingte Einflüsse	50
3.5.1.	Die Fixation und deren möglichen Einflüsse	50
3.5.2.	Der Zustand der Vigilanz	54
3.5.3.	Der Einfluß von Medikamenten, Alkohol u. Tabak	60
4.	AUFGABENSTELLUNG	
5.	METHODIK DER EXPERIMENTELLEN NYSTAGMUSPRÜFUNG PER ENG	64
5.1.	Die thermische Labyrinthprüfung im Liegen	64
5.2.	Nystagmus-Registrierung per ENG	66
5.2.1.	Funktionsprinzip	66
5.2.2.	Die Erfassung der Augenbewegung per ENG	67
5.2.3.	Elektroden	68
5.2.4.	Das Nystagmogramm	69
5.2.5.	Papiergeschwindigkeit	71

5.3.	Bemerkungen zur Elektronystagmographie	71
5.3.1.	Vorteile	71
5.3.2.	Nachteile	72
5.4.	Bemerkungen zum Versuchsmodus	75
5.4.1.	Fixation	75
5.4.2.	Vigilanz	77
5.4.3.	Probanden	79
5.4.4.	Abstand der Spülungen	81
6.	VERSUCHSBESCHREIBUNG	83
6.1.	Registrierung und Aufzeichnung	84
6.2.	Reizapplikation	85
6.3.	Auswertung	86
6.4.	Das Schmetterlingsdiagramm	92
7.	VERSUCHSERGEBNISSE	94
7.1.	Arbeitshypothese	94
7.2.	Die Gesamtaktivitäten bei thermischen Labyrinthprüfungen mit 10- bzw. 5-Minuten Spülintervall und deren Vergleich	96
7.3.	Die Seitendifferenzverhältnisse in L 10 und L 5 und deren Vergleich	111
7.4.	Die Aktivitäten der Einzelspülungen, ihr Verhalten in der Spülfolge und deren Vergleich	121
8.	DISKUSSION	133
8.1.	Die Problematik der Parameterwahl bei einer standardisierten thermischen Labyrinthprüfung	133
8.2.	Die Bedeutung der Untersuchungsmodalitäten, insbesondere der Vigilanz für eine standardisierte klinische Labyrinthprüfung	138

8.3.	Das seitendifferente Verhalten der Labyrinth in den Untersuchungsreihen L 10 und L 5 und dessen Beurteilung	141
8.4.	Beobachtungen über das Einzelreaktionsver- halten innerhalb der beiden Untersuchungs- reihen L 10 und L 5	144
9.	ZUSAMMENFASSUNG	155
	LITERATURVERZEICHNIS	158
	LEBENS LAUF	

EINLEITUNG

Seit Einführung der thermischen Labyrinthprüfung durch Barany (1906) als klinische Untersuchungsmethode gingen die Bemühungen und Bestrebungen stets dahin, ein für die Praxis anwendbares, zuverlässiges Untersuchungsverfahren zu erarbeiten. Barany stellte in seinen Arbeiten bereits Forderungen auf, die an eine zukünftige Standardisierung einer praxisnahen Vestibularisprüfung zu stellen seien.

Die folgenden Jahre der intensiven Erforschung des Vestibularisapparates und der Grundlagen der Nystagmusfunktion durch Brünings, De Kleyn, Dohlman, Steinhausen u.a. lieferten erste Beiträge in Richtung einer späteren Standardisierung.

Mit der Einführung der Elektronystagmographie (ENG) durch Jung und Mittermaier (1939) mit ihrer Möglichkeit einer objektiveren Erfassung und rechnerischen Auswertung von Nystagmen und deren Parameter stellte sich erneut und fordernder die Notwendigkeit einer endgültigen Standardisierung.

So sagte G.E. Arnold in seinem Referat über die Elektronystagmographie auf dem 2. Internationalen Vestibularis-Symposium in Genf 1959 nachdrücklich:

"After many years of highly specialized research, objective electronystagmography is now ready to emerge from the realm of theoretical investigation into the domain of practical

application by every progressive otologist. It remains to arrive at the precise definition of normal values and at an universally accepted standardized procedure, in order to present the clinician with a reliable sufficiently simple tool of clinical examination."

Bis heute wurden nun in der Elektronystagmographie und Photoelektronystagmographie auch zahlreiche Techniken der Vestibularisprüfung erarbeitet. Die unterschiedlichen Untersuchungsmethoden, die verschiedenen Bewertungsmaßstäbe und die zahlreichen modifizierten Auswerteverfahren der erarbeiteten Vestibularisprüfungen lieferten zwar zum Teil wertvolle Beiträge für die weitere Erforschung des vestibulären Systems, stellten sich aber dem ursprünglichen Ziel einer objektiven, vollständigen und eindeutigen Erfassung registrierter Nystagmen mit Hilfe einer standardisierten Methodik entgegen.

Nach einer Untersuchung von H. Scherer (1978) werden zum Beispiel heute noch an 20 % der Kliniken die Standardtemperaturen 30° C und 44° C primär nicht verwendet. Und auch was die Reizdauer anbelangt, gibt es deutliche Unterschiede von 5 bis 40 Sekunden.

Das heißt, selbst in den Fragen der Reizapplikation und der Durchführung der thermischen Reizung werden verschiedene Auffassungen vertreten.

In den letzten Jahren wurde auch immer wieder Kritik an dem mangelnden Standardisierungswillen laut und von verschiedenen Kliniken auf die gemeinsame Erarbeitung eines Standardisierungsverfahren gedrängt. Vor der ADANO* wurde 1978 zu diesem Zweck eine Kommission gegründet.

*Arbeitsgemeinschaft Deutscher Audiologen und Neurootologen

Sie versuchte unter Zusammenarbeit verschiedener deutscher Kliniken ein Standardverfahren der thermischen Labyrinthprüfung zu entwickeln, in dem eindeutige Richtlinien für eine einheitliche Auswertung und einen allgemein gültigen Bewertungsmodus aufgestellt wurden. Gleichzeitig gingen die Bemühungen dahin, die Modalitäten für die praktische Durchführung der thermischen Labyrinthuntersuchungen einmal grundsätzlich festzulegen. Dazu galt es, gültige Maßstäbe ebenso bezüglich der Verwendung von Spülmenge und -dauer, der Wassertemperatur und Reizfolge zu finden wie für die Pause zwischen den Spülungen und die allgemeinen Randbedingungen.

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag in Richtung einer endgültigen Erarbeitung eines praxisnahen, standardisierten Verfahrens der thermischen Labyrinthprüfung unter Verwendung der Elektronystagmographie darstellen.

2. DIE PHYSIOLOGISCHEN GRUNDLAGEN DER THERMISCHEN LABYRINTHPRÜFUNG UND DEREN GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG

Die Elektronystagmographie (ENG), eingeführt durch Jung und Mittermaier (1939), ermöglichte erstmals eine objektive und genauere Erfassung der verschiedenen Parameter der Labyrinthprüfung. Sie stellte eine Verfeinerung der Methode der thermischen Labyrinthprüfung dar, die Barany 1906 als klinische Untersuchungsmethode einführte, nachdem schon Brown-Sequard 1860 - und unabhängig davon Breuer (1889) - das Phänomen der kalorischen Reizung entdeckt hatte.

Barany erarbeitete, aufbauend auf seinen systematischen Untersuchungen, die heute noch anerkannte Theorie für die Erklärung dieses Phänomens, nämlich der Auslösung von Nystagmen, Schwindel und Fallneigung durch Einbringen von kaltem Wasser ins Ohr (1906/07).

Danach kommt es durch Einspritzung von Wasser, dessen Temperatur von der des Körpers abweicht, zur Temperaturänderung im Bereich des Trommelfells und angrenzender Teile des Felsenbeins. Weitergeleitet über das Felsenbein führt dies zu einer Abkühlung oder Erwärmung des lateralen, horizontalen Bogengangs mit entsprechender Temperaturänderung der Endolympe. Nachdem sich erwärmte Flüssigkeit ausdehnt, abgekühlte zusammenzieht, kommt es in den Bogengängen konsekutiv zu Flüssigkeitsströmungen. Es entsteht eine tangentielle Auslenkung der Cupula, die als physiologischer Reiz der Bogengangserregung wirkt, eine Tatsache, die durch die experimentellen Arbeiten von Steinhausen (1933/36) und Dohlman (1925) bewiesen wurde.

Die Übertragung bzw. Transformation des mechanischen Reizes in Sinneszellerregung und die Reizleitung erfolgt auf demselben Wege wie bei rotatorischer Reizung. Als Mechanorezeptoren

wirken dabei die der Crista ampullaris aufsitzenden Haarzellen mit ihren haarförmigen Fortsätzen, den Stereozilien und Kinozilien, die von der gallertigen Capula bedeckt sind. Je nach Bewegungsrichtung der Zilien durch die auf die Capula wirkende Schwerkraft kommt es zu De- oder Hyperpolarisation der Sinnesendstellen der Crista ampullaris. Bei Abbiegen der Zilien in Richtung des Kinoziliums kommt es dabei zu Depolarisation. Die Fortleitung des gesetzten Reizes erfolgt über die bipolaren Zellen des Ganglion vestibulare zu den vestibulären Kernen der Medulla oblongata, in denen eine Integration der sie erreichenden Information aus Rezeptoren in Bogengängen, Otolithenorganen und über die bestehenden spinalen und cerebellären Bahnen erfolgt. Die Information wird zu übergeordneten Zentren weitergeleitet. Nervenfasern für verschiedene Anteile des Labyrinths ziehen dabei zu bestimmten Anteilen dieses Vestibularkerngebietes.

Die Fasern der crista ampullaris etwa enden vorwiegend im medialen Teil des Nucleus medialis, während die Fasern der Maculi vorwiegend im Nucleus inferior enden. Die Vestibulariskomplexe beider Seiten sind durch Kommissurfasern miteinander verbunden, über welche Zellgruppen von Labyrinth der Gegenseite erregt werden. (Dies würde zum Teil die Kompensationsfähigkeit des Gleichgewichtssystems bei Ausfall des Labyrinths auf einer Seite erklären.) Neben den labyrinthären Fasern existiert ein Informationskanal von der Peripherie und dem Zentrum zum Kernareal über spinale und cerebelläre Bahnen.

Weiterführende Meldungen vom Kerngebiet laufen über sekundäre Vestibularisbahnen zu Rückenmark, Formatio reticularis und Kleinhirn und über ascendierende Fasern im Fasciculus lateralis zum Kerngebiet der Augenmuskeln und weiter rostral. Zum Kleinhirn bestehen indirekte und direkte Verbindungen (Nodus, Flocculus, Uvula).

Die nun durch Rotation und auch thermische Reizung des Vestibularorgans über das vestibulo-okulomotorische Regelsystem auslösbaren Augenbewegungen (Nystagmen) sind verständlicherweise aufgrund der bestehenden vielfältigen Verschaltungen und der Gesamtkomplexität der Systeme verschiedenen Einflußfaktoren ausgesetzt, welche in die Untersuchung des thermischen Vestibularreflexes eingehen. Wie bei jeder indirekten Untersuchung ergibt sich daraus die Aufgabe, die als Störgrößen wirksamen Einflußfaktoren möglichst gering zu halten und die Ergebnisse einer solchen Untersuchung mit Vorbehalt zu interpretieren.

Der Bogengangsapparat als Reizorgan der thermischen Vestibularuntersuchung reagiert allgemein auf Drehbeschleunigungen, welche die Endolymphe in Bewegung setzt. Die Art der Auslösung der Endolymphbewegung durch thermische Reizung ist zwar eine unphysiologische, aber der Mechanismus der Reizumsetzung an den Sinnesendzellen erfolgt nach den Ausführungen Baranys (1907) auf demselben physiologischen Weg wie bei der Reizung durch Rotation. Die Sinnesendzellen des Sacculus und Utriculus, die Otolithen, sprechen dagegen gewöhnlich auf Linear- oder Progressivbeschleunigungen an. Sie stellen ebenfalls Mechanorezeptoren dar, deren Reizung durch Scherkräfte erfolgt. Seit den Untersuchungen an Tauben von Borries (1920/21) - er vertrat die Ansicht, daß auch die Otolithen am Zustandekommen der thermischen Reaktion beteiligt seien - wurde und wird eine Interaktion von Otolithen und Ampullarorgan beim Zustandekommen des thermischen Reizreflexes nicht ganz ausgeschlossen. Brünings bestätigte 1911 in seinen Arbeiten in Grundzügen die Theorie Baranys von der thermischen Endolymphströmung. Zu erwähnen sind seine Ergebnisse über die Einwirkung der Kopf- und Körperlage auf die Intensität des thermisch ausgelösten Nystagmus aufgrund sorgfältiger Untersuchungen und deren Erarbeitung aus der Übertragung einfacher physikalischer Strö-

mungsgesetze auf die Mechanismen der Bogengangserregung bei thermischer Reizung. Das Verdienst Brünings liegt aber besonders darin, daß er die Notwendigkeit einer Standardisierung der Methodik der thermischen Funktionsprüfung erkannte.

So schreibt er in seiner Arbeit "Beiträge zur Theorie, Methodik und Klinik der kalorimetrischen Funktionsprüfung des Bogengangapparates"(1911):

"... so wurde die kalorische Funktionsprüfung auch zu einer quantitativen Methode ausgebildet derart, daß nicht nur die Prüfungsergebnisse eines Untersuchers untereinander vergleichbar sind, sondern auch die zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Untersuchern erhobenen Befunde im gleichen einheitlichen Maße ausgedrückt werden können. Dieses Ziel ließ sich dadurch erreichen, daß ich alle die kalorische Erregung beeinflussenden variablen Faktoren entweder ausschaltete oder doch möglichst konstant machte: Temperatur des Spülwassers, Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsweg im Gehörgang, Winkelstellung des geprüften Bogenganges und Blickrichtung der Augen."

Brünings entwickelte zu diesem Zweck eigens ein sog. Otokalorimeter (Abb. 2.2.), das ihm eine Konstanthaltung der oben genannten Parameter weitgehend erlaubte.

Seine Ergebnisse über die Untersuchung der Kopf- und Körperhaltung auf die thermische Reizung haben ihren festen Platz in der thermischen Labyrinthprüfung gefunden. In den meisten Untersuchungsverfahren, wie auch dem Schema nach Fitzgerald/Hallpike, werden als Kopfhaltung die Optimumstellungen nach Brünings angewendet, auf die noch näher in der Versuchsbeschreibung eingegangen wird.

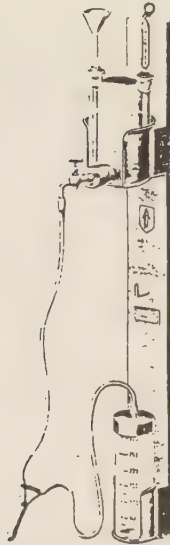


Abb. 2.2. Otokalorimeter nach Brünings (1911)

Nicht vergessen werden dürfen auch seine grundsätzlichen Untersuchungen über den Einfluß der Wassermenge auf Nystagmusstärke und -dauer und über die allgemeine Bewertung von Dauer und Frequenz als Maß für die Bogengangserregbarkeit. Er ermittelte dabei z.B. einen mittleren optimalen Wert für die Wassermenge bei der thermischen Prüfung von etwa 70 ccm, um einen Nystagmus auszulösen.

Er setzte diese Erregbarkeit 1 und erhielt bei geringerem oder höherem Wasserverbrauch dementsprechend kleinere bzw. größere Werte (Abb. 2.3.).

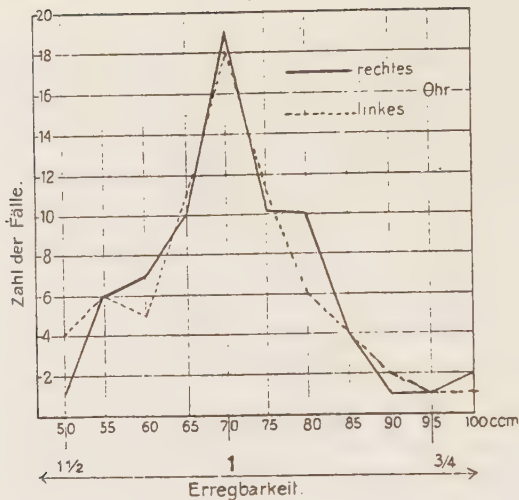


Abb. 2.3. Die Erregbarkeit in Relation zur Wassermenge bei konstanter Temperatur (Brünings 1911)

Die Arbeit Brünings' stellt bereits deutlich einige der Parameter heraus, die für die Standardisierung einer Methodik der thermischen Labyrinthprüfung einer Vereinheitlichung bedürfen und die heute wieder neben der Diskussion verschiedener Auswerteverfahren und der unterschiedlichen Bewertung der Reizparameter in den Mittelpunkt der Standardisierungsbestrebungen in der Methodik der Labyrinthprüfung treten:

Als die wichtigsten Einflußgrößen, die bei der Reizapplikation eine Rolle spielen, sind dabei zu nennen: Wassermenge, Wassertemperatur, Spüldauer, Reizfolge und Pause zwischen den Spülungen und natürlich die grundsätzliche Frage, ob Labyrinthprüfung im Sitzen oder Liegen.

In gleicher Weise spielt auch der Einfluß der tageszeitlichen Faktoren eine Rolle; hier ist auch auf die Bedeutung der "mental activity" hinzuweisen, einer Einflußgröße, der besonders in der letzten Zeit von verschiedenen Autoren große Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

3. DIE BEDEUTUNG DER UNTERSUCHUNGSMODALITÄTEN FÜR EINE STANDARDISIERTE THERMISCHE LABYRINTHPRÜFUNG

3.1. Der Einfluß der Wassermenge

Gerade was die Wassermenge betrifft, finden sich bei Betrachtung der verschiedenen Verfahrensweisen in der Labyrinthprüfung deutliche Unterschiede. Sowohl Minimalspülungen mit 5 - 10 ccm Wasser wie auch Massenspülungen mit 250 ccm und mehr finden noch Anwendung.

Erste aufschlußreiche Untersuchungen im Hinblick auf die Beziehung zwischen Wassermenge und Erregbarkeit des Gleichgewichtsorgans stellte, wie bereits erwähnt, Brünings an (1911). Zur Eichung seines Otokalorimeters ermittelte er an 71 Normalpersonen die Abhängigkeit der Erregbarkeit von der gespülten Wassermenge. Er errechnete dabei einen Mittelwert von etwa 70 ccm, der notwendig war, um bei den meisten normalen Personen einen horizontalen Nystagmus auszulösen bei Wasser von 27° C (Abb. 2.3.).

Er bewegte sich damit in einem Normbereich von 50 - 100 ccm, der einige Jahrzehnte später auch von Jongkees (1953) als optimal befunden wird.

Jongkees und Brünings stehen neben anderen Untersuchern damit im Gegensatz zu den Vertretern der Minimalreizmethode (Veits, De Kleyn, Mittermaier) - vornehmlich aber zu Kobrak, der sich (1918) auf eine Wassermenge von 5 ccm bei seiner Spülmethode beschränkte. Kobrak zog damit die Konsequenz aus seiner Beobachtung, daß große Wassermengen bei Temperaturen, die stärker von der Körpertemperatur abweichen, letztlich das ganze Labyrinth abkühlen - nicht nur den lateralen Schenkel - und somit zu einer Abschwächung der Reaktion bis hin zu einer Hemmung führen.

Außerdem führt eine derartige Spülungsweise häufig zu einer Umkehrung der Nystagmusrichtung am Ende der thermischen Untersuchung.

Jongkees lehnt diese Methode ab. Er bestätigt zwar 1948 die Beobachtungen Kobraks über die hemmende Wirkung zu großer Wassermenge und findet in seinen Untersuchungen, die er im Jahre 1949 durchführt, keinen signifikanten Unterschied in der Dauer des Nystagmus, ausgelöst durch verschiedene Wassermengen von 500, 50 und 5 ccm Wasser bei 30° und 44° C, aber Jongkees' Nystagmusprüfungen (1949) mit Wassermengen von 50 und 5 ccm von 30° C zeigen eine deutliche Unzuverlässigkeit in der Reproduzierbarkeit der Prüfungen mit 5 ccm Wasser. Jongkees meint auch, die bei Minimalreizung dem Ende hin zu allgemein auftretenden unregelmäßigen Augenbewegungen machen die Bestimmung des Endpunktes des Nystagmus sehr schwierig.

Auch Hamersma (1957) und Collins (1968) vermissen in ihren Untersuchungen eine deutliche Signifikanz zwischen der Dauer des Nystagmus und der Wassermenge, weisen aber auf die in jedem Falle gesteigerte Reaktionsfähigkeit durch größere Wassermengen zugunsten einer eindeutigeren Analysierung von Nystagmen bei etwaiger Untererregbarkeit eines Gleichgewichtsorgans hin. Hamersma, der 1957 die Methoden von Kobrak und Hallpike in einer Testserie unter Verwendung der Elektronystagmographie vergleicht, spricht sich für die Methode Hallpikes (250 ccm) aus, da sie für fast alle Parameter eines Nystagmus höhere Werte liefert und damit eine eindeutigere Analysierung einer Reizreaktion ermöglicht, während die Methode Kobraks mehr Fehlermöglichkeiten in sich trägt.

Nachdem an die Stelle der Dauer des Nystagmus als Parameter für die Erregbarkeit - schon Brünings lehnte dies ab - gültigere Parameter wie Frequenz, Amplitude und max. Winkelgeschwindigkeit getreten sind, gilt deren Abhängigkeit von der applizierten Wassermenge als maßgebend für die Beurteilung dieser Problematik.

Hamersma und Collins haben in dieser Richtung Untersuchungen angestellt. Hamersma (1957) kann zwar keine direkte Proportionalität zwischen Wassermenge und den wichtigsten Parametern wie Gesamtamplitude, maximale Winkelgeschwindigkeit und Schlagzahl beobachten, aber auf ein deutliches Ansteigen der Werte - in Abhängigkeit von der Wassermenge - hinweisen. Collins (1968) ermittelt klare und statistisch signifikante Unterschiede unter den gegebenen Bedingungen (30° und 44° C, 3 ccm pro sec. bzw. 15 ccm pro sec. für 15 bzw. 25 sec.) für die Geschwindigkeit der langsamen Phase und die Frequenz der Augenbewegungen (Abb. 3.1.).

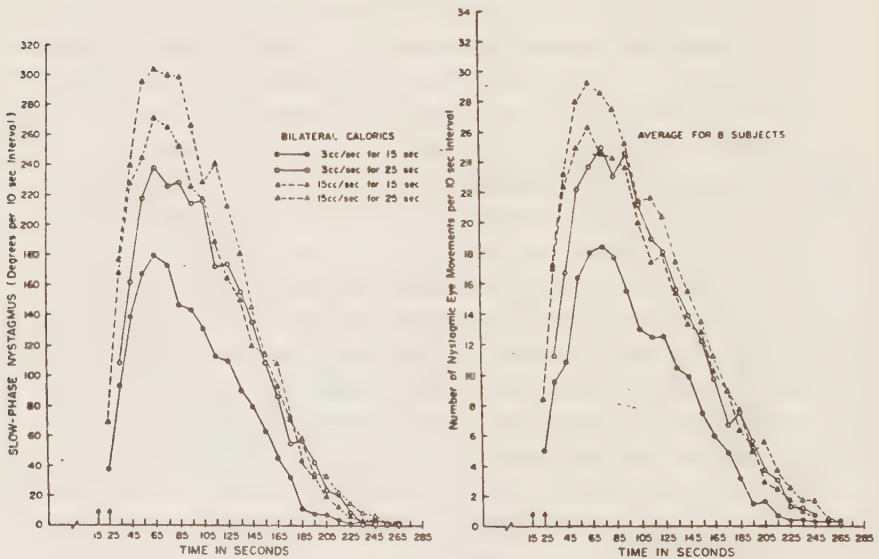
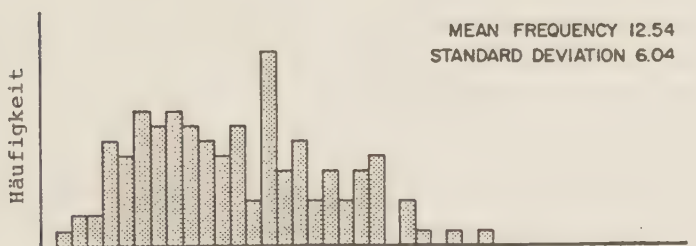
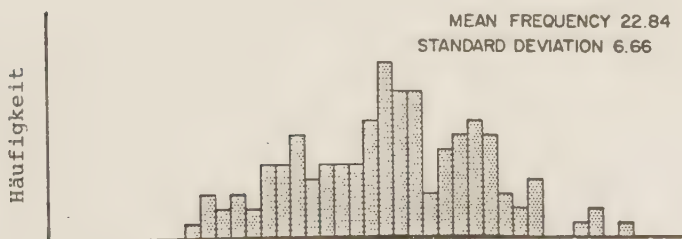


Abb. 3.1. Die Nystagmus-Aktivitäten von 8 Versuchspersonen, dargestellt in den Parametern "langsame Phase" und "Frequenz der Augenbewegung" nach bilateraler thermischer Labyrinthprüfung (Collins 1968)

In diese Richtung gehen auch die Ergebnisse von Torok (1969), der bei Vergleich der "small (10 ccm, 20° C) und large (100 ccm, 20° C) stimulation" eine signifikante Korrelation ermittelt für die Frequenz, gemessen am Maximumbereich der Reaktion, und für die "large stimulation" eine geringere Streuung der Werte um den Mittelwert erhält (Abb. 3.2.).



a) Verteilung des Parameters "Frequenz im Kulminationsbereich" nach small stimulation



b) Verteilung des Parameters "Frequenz im Kulminationsbereich" nach large stimulation

Abb. 3.2. Vergleich der small (10 ccm, 20° C) und large (100 ccm, 20° C) stimulation (Torok, 1969)

Torok kommt dabei, nicht zuletzt auch aufgrund älterer Untersuchungen, zu Ergebnissen, die gleichsam eine Bestätigung der Ergebnisse von Jongkees (1949, 1953) darstellen. So schreibt Torok in der Zusammenfassung seiner Ergebnisse 1969: "quite frequently the nystagmus provoked by 10 ccm of water is easily interrupted by some voluntary or uncoordinated eye movements affecting the smoothness of the record. The same patient or test subject, when irrigated with 100 ccm of water of the same temperature, will exhibit a totally uninterrupted, clear and uniform nystagmogram. We had the impression repeatedly that the nystagmus caused by the stronger stimulus supresses all extravestibular interference".

Für eine Dokumentation und Analysierung des Nystagmus mit Hilfe notwendiger reproduzierbarer und vergleichbarer Parameter scheint deshalb aufgrund der Anfälligkeit des Nystagmus für extravestibuläre Störungen die Reizung mit kleinen bis kleinsten Wassermengen, die im oder wenig über dem Bereich des Schwellenwertes liegen, ungeeignet.

Nach Jongkees (1953) bietet erst eine Menge von 50 - 100 ccm die meisten Vorteile, denn eine Spülung mit größeren Wassermengen von 250 ccm und mehr, wie Hallpike sie verwendet, Fitzgerald und auch Cawthorne, bringt keine zusätzlichen Vorteile, sondern sind nur mit dem Nachteil einer möglichen Verstärkung der subjektiven Beschwerden wie Schwindel und Übelkeit verbunden. Aufgrund der an eine Standardisierung gestellten Forderungen sollten die Bemühungen deshalb dahin gehen, eine Spülmenge in dem Normbereich von 50 - 100 ccm bei der thermischen Reizung einzusetzen.

3.2. Der Einfluß der Wassertemperatur

Ein weiterer zentraler Einflußfaktor der thermischen Labyrinthprüfung, der in die Überlegungen für eine Standardisierung mit aufgenommen werden muß, ist die Wahl einer geeigneten Wassertemperatur. Denn die Temperatur übt einen wesentlich kritischeren Einfluß auf die Erregbarkeit des Gleichgewichtsorgans aus als die Wassermenge, eine Beobachtung, die neben Jongkees (1953) von den meisten Untersuchern bestätigt und anerkannt wird. In der Geschichte der Nystagmographie finden sich Untersuchungen vornehmlich mit Kaltwasserreizen neben nur vereinzelt angewandten Kalt- und Warmwasserreizungen. Methoden, die sich allein der Warmwasserreizung bedienen, finden sich verständlicherweise weniger, da einer beliebigen Steigerung der Temperatur über die Körpertemperatur durch die einsetzende physiologische Schmerzauslösung Grenzen gesetzt sind. Eine Applikation mit Kaltwasser ist - bei allmählicher Abkühlung - hingegen ohne besonders vehemente Schmerzauslösung möglich. Brown-Sequard (1860) und Breuer (1889) z. B. haben ihre Beobachtungen am Gleichgewichtsorgan durch Einbringen von kaltem Wasser ins Ohr angestellt. Barany verwendete Wassertemperaturen von 20 bzw. 30° C und auch Brünings eichte sein Otokalorimeter gewöhnlich für Spülungen mit Wasser von 27° C, daneben aber auch schon für Temperaturen von 47° C, um das zuweilen verwendete Intervall von 10° C gegen die mittlere Körpertemperatur zur Anwendung bringen zu können, und schließlich noch für 20° C, um bei stark herabgesetzter Erregbarkeit des Gleichgewichtsorgans die noch vorhandene verminderte Reaktionsfähigkeit zu prüfen.

Die Wahl der Temperatur wurde allgemein bei den verschiedenen Methoden recht unterschiedlich, im Rahmen der gesetzten Grenzen, gehandhabt. Aufgrund der begrenzten apparativen Mög-

lichkeiten war es natürlich praktischer, nur mit Wasser von einer bestimmten Temperatur zu spülen. Durch Spülung beider Ohren mit Wasser von dieser bestimmten Temperatur versuchte man so, Aussagen über die Funktion des untersuchten Organs zu machen.

De Kleyn (1929) stellte als erster die Forderung nach Durchführung der Labyrinthprüfung mit warmen und kalten Wasserreizen, d.h. sowohl den homolateralen als auch den heterolateralen Nystagmus zu prüfen, um eine Aussage über den vestibulären Ursprung der Reizantwort machen zu können. Die Notwendigkeit dieser Forderung wurde auch allgemein anerkannt. Denn eine reine Kaltspülung auf beiden Ohren könnte bei Registrierung gleich starker Reize auf beiden Seiten den Eindruck einer gleichen Erregbarkeit beider Vestibularorgane erwecken. So kann bei einem solchen, scheinbar normalen Befund Untererregbarkeit eines Organs bestehen. Denn durch das dabei bestehende Richtungsüberwiegen zur Gegenseite wird der an sich schwächer ausfallende Reiz der untererregbaren Seite nach Kaltspülung verstärkt und in den Normbereich gehoben. Als Resultat finden sich auf beiden Seiten gleich starke Reize. Die Kontrolle durch Warmspülung dagegen deckt die Untererregbarkeit der einen Seite, deutlich an dem nun resultierenden und durch die Gegenseite nicht verstärkten, im Grunde schwächeren Reiz, auf. Auch im Falle eines Spontan-nystagmus, der häufig einer einseitig stärker zum Ausdruck kommenden Reaktion zugrunde liegt, kann eine Aufdeckung desselben oft nur durch Warm- und Kaltspülung erfolgen. Die Einführung einer Warm- und Kaltspülung in die klinische Labyrinthdiagnostik erfolgte durch Fitzgerald und Hallpike (1942). Nach deren Untersuchungen über Nystagmus-Bereitschaft sollte dabei mit Wassertemperaturen von 30°C und 44°C gespült werden, um - dargestellt in der Größe Dauer - optimale reproduzierbare Reaktionen zu erzielen. Durch die gleiche Temperaturdifferenz nach oben und unten zur Körpertemperatur soll ein gleich starker vergleichbarer Reiz auf beiden Ohren gesetzt werden.

Jongkees (1953) hat Messungen mit Temperaturen, die unterschiedlich stark von der Körpertemperatur abweichen, durchgeführt und die Spülungsmethode Hallpikes weitgehendst bestätigt. Es zeigt sich darin, daß zu starkes Abweichen von der Körpertemperatur keine wesentliche Verlängerung des Nystagmus bewirkt. Eine Zunahme der Differenz um mehr als 7°C führt vielmehr nur zu einer Zunahme subjektiver Beschwerden wie Schwindel und Übelkeit. Der kritische Wert, ober- und unterhalb dessen keine zufriedenstellende Reizantwort mehr erzielt werden kann, liegt nach seinen Angaben etwa bei einer Temperaturdifferenz von $\pm 5^{\circ}$ bis 7°C zur Körpertemperatur.

Bei Mittermaier und Mitarbeitern (1954) findet sich bei Messungen mit unterschiedlichen Temperaturen die gleiche Tendenz und auch bezüglich der Dauer hat Hamersma dies ebenfalls einige Jahre später (1957) bestätigt. Ebenso kommt Collins (1968) in Untersuchungen an Normalpersonen zu adäquaten Ergebnissen.

Diese Untersuchungen haben wohl letztlich dazu beigetragen, daß die thermischen Labyrinthprüfungen mit 30°C und 44°C zu den gebräuchlichsten zählen. Trotzdem werden lt. einer Umfrage von H. Scherer (1977/78) an 20 % aller Kliniken in der BRD die Standardtemperaturen von 30°C und 44°C primär nicht verwendet.

Zahlreiche Untersuchungen über die möglichen Parameter zur Beurteilung der Quantität eines Nystagmus haben gezeigt, daß die Dauer im Grunde eine recht unzuverlässige Größe bei der Beurteilung der Nystagmusintensität auf thermischen Reiz darstellt. Nur bis zu einem begrenzten Maße besteht Abhängigkeit zur Reiztemperatur. Wie oben dargestellt, wurde immer wieder diese Beobachtung gemacht. Dagegen zeigen die Parameter Schlagzahl, Gesamtamplitude und die maximale Geschwindigkeit der langsamen Phase eine deutlichere Relation zur Reiztemperatur.

Beispielhaft dafür sind die Untersuchungen Hamersmas (1957) über den Einfluß verschiedener Wassertemperaturen von 0 bis 34° C auf die thermische Labyrinthreaktion und vor ihm die Arbeiten von Jongkees (1949), Mittermaier und Christian (1954) und von Henriksson (1956).

Hamersma (1957) beobachtet für die Parameter maximale Winkelgeschwindigkeit, Totalamplitude und Schlagzahl ein stetiges Anwachsen der Werte mit sinkender Temperatur, während die Dauer nur bis zu einer gewissen Grenze - etwa 6 Minuten - Temperaturabhängigkeit erkennen läßt. Hamersma macht dafür einsetzende Temperatúrausgleichsvorgänge durch Blutzirkulation im Felsenbein verantwortlich. Auch Henriksson (1955/1956) betrachtet die max. Geschwindigkeit der langsamen Phase als zuverlässigen Parameter der Stärke der Labyrinthreaktion auf thermische Reizung. Henriksson schreibt dazu in seiner Untersuchung "Speed of Slow Component and Duration in Caloric Nystagmus": "The different values of maximum eyespeed which accompany different temperatures applied to the walls of the external canal, and which have been found in this experiment, may therefore be regarded as the true physiological answer to a physically determined stimulation. The eye-speeds also reflect the course of excitation, which the durations do not." (Abb. 3.3.)

Torok (1974) dagegen stellt in seiner Arbeit über quantitative Parameter fest: "The study has demonstrated and proved that the culmination frequency of the caloric nystagmus is more consistent and more linear in respect to the stimulus strength and exhibit smaller standard deviations than the slow phase velocity measurements". Mittermaier und Christian (1954) andererseits werten die Totalamplitude als zuverlässigste Nystagmusgröße: Bei Spülungen mit 20 ccm Wasser von 27° C und 17° C läßt sich

eine deutliche Steigerung der Gesamtamplitude bei 17° -Reiz um 62 % erkennen; die Schlagzahl erfährt nur eine Steigerung um 13,7 % und die Dauer der Reaktion ist nach beiden Spülungen praktisch gleich.

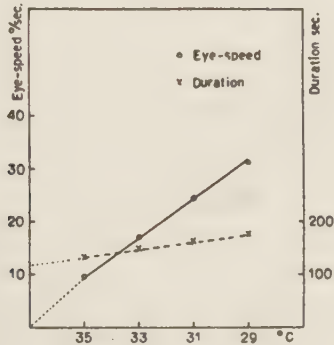


Abb. 3.3. Vergleich von mittlerer maximaler Augengeschwindigkeit (o-o) und durchschnittlicher Dauer des therm. Nystagmus (x-x) bei unterschiedlicher Spültemperatur (Henriksson 1956)

Mittermaier findet darin hinsichtlich der Dauer der Nystagmusreaktion eine Bestätigung der Ergebnisse Jongkees' (1953), der sich nach Mittermaiers Ansicht gerade aufgrund eben dieser Beobachtungen dem Vorschlag Hallpikes angeschlossen hat, die Spülungen mit Wasser von 30° C und 44° C durchzuführen, da mit dieser Abweichung von 7° C von der Körpertemperatur eine fast maximale Wirkung bezüglich der Nystagmusdauer erreicht sei.

Zu vergleichbaren Ergebnissen kommt Christian (1954), der bei Vergleich von Spülungen mit gleicher Wassermenge, aber

unterschiedlicher Wassertemperatur (47°C bis 17°C), bis zur 17°C -Spülung eine Steigerung der Dauer auf 149 %, der Schlagzahl auf 255 % und der Totalamplitude auf 415 %, bezogen auf den 100 %-Wert bei 42°C -Spülung, beobachtet. (Abb. 3.4.)

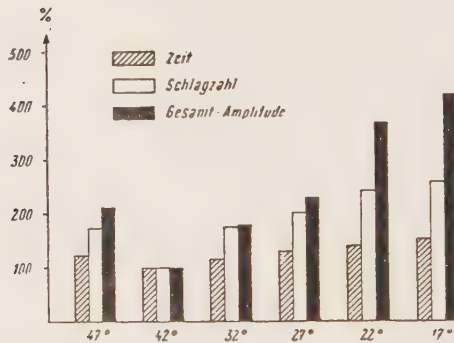


Abb. 3.4. Jeweils 10 ccm Wasser in 5 sec. gespült. Spültemperatur verändert (Christian 1954)

Mittermaier selbst verwendet für Labyrinthuntersuchungen Temperaturen von 47°C und 17°C , denn die Parameter wie Totalamplitude und Schlagzahl zeigen auch noch bei stärker abweichenden Temperaturen wie 17°C einen Anstieg der Reaktionsstärke. Außerdem lehnt Mittermaier die Forderung nach Verwendung äquidistanter Temperaturen zur Setzung gleich starker Reize ab. "Schon lange nämlich ist bekannt, daß bei Spülung mit 44° und 30°C allgemein festgestellt werden kann: Ein Nystagmus nach Warmspülung ist gewöhnlich von kürzerer Dauer als nach Kaltreizung" (1966).

Mittermaier führt als mögliche Erklärung an, daß die Abkühlung des Organs sich deshalb langsamer ausgleicht, weil die zuführende Wärme durch den Blutkreislauf herangeführt werden muß, während die durch die Spülung hervorgerufene Erwärmung vielleicht bereits vom Organ selbst abgefangen wird bzw. von hier aus diffus an die Umgebung abgegeben wird. Hamersma (1957) führt ebenfalls, wie schon erwähnt, einen thermo-regulatorischen Effekt des Blutstroms in den Gefäßen als Erklärung an. Jongkees (1953) fand z.B. bei 70 % von untersuchten Normalpersonen eine längere Kaltreaktion, bei 10 % undeutliche Reaktionen und bei 3 % eine längere Reaktion nach Warmreizung. Er schreibt dazu: "Es ist nicht unmöglich, daß der Einfluß vaskulärer Reaktionen sich bei Kältereizen stärker geltend macht als bei Warmreizen oder daß von der Gehörgangswand ausgehende Sensibilitätsreflexe den heterolateralen Nystagmus verstärken". Als Untermauerung seiner These führt Jongkees die Beobachtung an, daß nach dem Aufschnupfen von Amylnitrit die warme Reaktion gleich bleibt, die kalte jedoch eine deutliche Verkürzung zeigt, aufgrund des vasodilatatorischen Effektes von Amylnitrit.

Interessant sind in diesem Zusammenhang die Ergebnisse Mulchs (1978), der festgestellt hat, daß bei Warmspülungen engere Korrelationen zwischen den Nystagmusparametern bestehen als bei Kaltspülung. Er schließt daraus, daß bei den Kaltspülungen noch weitere Faktoren außer dem Temperaturreiz hinzukommen, die in die Stärke der Nystagmusreaktion eingehen.

Hamersma (1957) stellt wiederum bei Untersuchungen an Normalpersonen fest, daß die Parameter wie Schlagzahl, SPV und Gesamtamplitude bei Warm- und Kaltspülung keine offensichtliche Differenz der Werte zeigen lassen wie dies bei der Dauer der Fall ist. Unter Zugrundelegung dieser eben genannten Parameter sind somit bei Verwendung von Wassermengen äquidistanter Tempe-

raturen quantitative Vergleiche auch zwischen allen kalten und warmen Reizen möglich.

Die Kalt- und Warmspülung mit 30° und 44° C scheint dabei am ehesten geeignet, um die Labyrinthprüfung im Bestreben einer optimalen, vergleichbaren Bewertung der Labyrinthfunktion durchzuführen und die physiologischen und pathologischen Verhältnisse zu beurteilen.

3.3. Der Einfluß der Spüldauer

Neben der Wassermenge und der Wassertemperatur muß aber auch die Spüldauer bei der thermischen Labyrinthprüfung berücksichtigt werden. In der Literatur finden sich auch hier erhebliche Unterschiede von 5 sec. bis zu 40 sec. Dauer. Dabei trifft man verständlicherweise bei den Methoden, die mit geringeren Wassermengen als 50 ccm arbeiten, auch auf relativ kurze Spülzeiten.

So spülten Kobrak (1918) ebenso wie Fischer (1928) 10 sec. lang, Mittermaier (1954) meist sogar nur 5 sec. Veits (1928) spült - wie 25 Jahre später auch von Arslan empfohlen - 7 sec., wobei er schreibt: "Dies hat sich rein aus dem Praktischen heraus so eingebürgert, unsere Spritzen lassen sich eben am bequemsten mit 7 Kolbenstößen entleeren". Gleichzeitig behauptet er aber: "Die Spülzeit ist von allerwesentlichem Einfluß auf die Größe des Reizeffektes, von größerem sogar als Spülmenge und Temperatur des verwendeten Wassers." Dies wurde später durch verschiedene Untersuchungen widerlegt.

Denn den größten Einfluß übt sicherlich die Wassertemperatur aus. Aber trotzdem zeigen seine Arbeiten, daß ein nicht zu vernachlässigender Einfluß auf die Stärke der Labyrinthreaktion besteht von Seiten der Spüldauer. Er spülte z.B. 10 ccm von 20° C in Zeiten von 5 1/2, 7 und 13 sec. und erhielt Schlagzahlen von 100, 110 und 175.

Auch Christian (1954) untersuchte die Wirkung unterschiedlicher Spüldauer auf die Reizantwort. Zu diesem Zweck spülte er 10 Versuchspersonen 5, 10, 15, 20 und 25 sec. lang mit 25 ccm Wasser von 27° C. Die Nystagmusbauer zeigte wie erwartet keine Änderung. Aber Schlagzahl und Gesamtamplitude stiegen leicht an, die Schlagzahl auf 127 % und die Gesamtamplitude auf 158 % der Werte bei 5 sec. Spülung.

Als Ursache führt Christian an, daß bei alleiniger Verlängerung der Spüldauer die Flüssigkeit den Gehörgang langsamer durchströmt und kalorisch besser ausgenutzt werden kann als das Wasser, das schneller gespült wird (Abb. 3.5.).

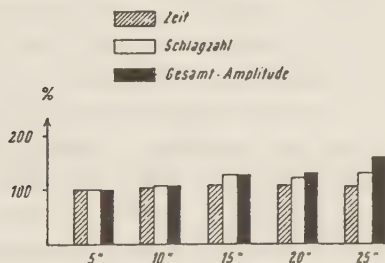


Abb. 3.5. Wassermenge 25 ccm, Spültemperatur 27 Grad. Spüldauer verändert (Christian 1954)

Christian beobachtete außerdem, daß bei Änderung der Wassermenge proportional zur Spülzeit - bei gleichbleibender Durchströmungsgeschwindigkeit also - ein stärkeres Ansteigen von Schlagzahl und Totalamplitude erfolgt als bei gleichbleibender Wassermenge infolge einer längeren Einwirkung des Reizes und einem ständigen Kaloriensatz.

Collins (1968) weist einen deutlichen Unterschied der Parameter als Korrelat der Nystagmus-Antwort "SPV" und "Nystagmus-Frequenz" bei unterschiedlicher Spüldauer (von 15 und 25 sec.) nach. Aus der Abb. 3.1. wird aber gleichzeitig auch ersicht-

lich, daß bei größeren Wassermengen dieser Einfluß abnimmt. So ist der Effekt der Änderung der Spülzeit von 15 auf 25 sec. bei einer Wassermenge von 3 ccm deutlich größer als bei einer von 15 ccm.

Die Spülzeiten anderer Untersucher liegen heute meist bei 30 und 40 sec. Längere Spülzeiten werden kaum mehr verwendet, da sie auch nach Collins keine signifikante Steigerung der Parameter mehr erlauben. Der günstigste Bereich für die Spülzeit scheint dabei nach Ansicht verschiedener Autoren (Jongkees, Mittermaier, Scherer) bei 30 sec. zu liegen. Mittermaier (1966) z.B. stellt fest, daß der Temperatureinfluß den horizontalen Bogengang häufig bereits nach 30 sec. erreicht und dann eine entsprechende Erregung über einsetzende Endolymphbewegung erfolgen kann. Schmaltz (1932) konnte in seinen Untersuchungen mit unterschiedlichen Spültemperaturen zeigen, daß der Nystagmus gewöhnlich nach einem Zeitraum von 0,1 bis 0,2 Minuten nach Beginn der Temperaturänderung am lateralen Bogengang einsetzt. Kleinfeldt/Dahl (1974) ermittelten den Beginn der Temperaturänderung am lateralen Bogengang bei 10 sec. nach Beendigung der Spülung bei einer Spüldauer von 20 sec. und einer Wassermenge von 20 ml. Cawthorne und Cobb (1954) finden die stärkste Temperaturänderung im lateralen Bogengang zwischen 20 und 70 sec. nach dem Start der Spülung bei einer Spüldauer von 40 sec.

Allerdings bedeutet lange Spüldauer meist auch große Spülmenge. Der Theorie von Barany (1906/07) zufolge kann eine langdauernde und kräftige thermische Reizung zu einer Temperaturveränderung nicht nur des lateralen Schenkels des Bogengangapparates, sondern des gesamten Ringes führen mit einer sich daraus entwickelnden Herabsetzung und Hemmung der Reaktion bis hin zu einer Umkehr der Nystagmusrichtung. Bei fortschreitender Temperatureinflussung auch der vertikalen Anteile der Bogengänge kann es dann zur Auslösung eines rotierenden Nystagmus kommen.

Bezüglich einer langen Spüldauer ist noch ein weiterer Umstand zu berücksichtigen, nämlich der der notwendigen Konstanthaltung der Temperatur durch gleichmäßigen Wasserdurchlauf. Cawthorne und Cobb (1954) beklagen in ihren Versuchen - sie spülen nach der Methode von Hallpike mit 40 sec. - den unterschiedlichen Temperaturverlust, der beim Einspritzen in den Gehörgang bis zum Trommelfell auftritt aufgrund nicht zufriedenstellender apparativer Gegebenheiten. Nach ihrer Ansicht bedingt er auch die Unterschiede in der Dauer der Kalt- und Warmspülungen.

Bei einer Spüldauer von 40 sec. und mehr können doch periphere und zentrale Ausgleichsvorgänge einsetzen, die als Irritationen auf die Reizantwort zu Variierungen führen, die kein reales Bild von der Erregbarkeit des Organs geben.

Für die Auswertetechnik des ENG erscheint es Mittermaier (1966) auch ratsam, die Spülzeit nicht über 30 sec. auszudehnen, um bei der der Spülung folgenden Auswertung auch die ersten, sich allmählich verstärkenden Schläge mitzuerfassen. Die Aufzeichnung setzt sonst erst nach Erreichen des Kulminationspunktes des Kurvenverlaufs ein, was besonders für die Untersuchung im Sitzen - wegen der hier nach erfolgter Spülung noch erforderlichen Einstellung des Kopfes aus der Nullage in die Optimumstellung - gilt.

So erreichten z.B. bei Untersuchungen durch Christian (1954) Schlagzahl und Amplitude ihr Maximum bereits zwischen 30 und 60 sec. nach der Spülung bei einer Spüldauer von nur 5 sec. Bei längeren Spülzeiten von 20 - 50 sec. hatte mitunter der Nystagmus bereits eingesetzt bzw. - schon vor Beginn der Registrierung - seinen Gipfel erreicht.

3.4. Der Einfluß der Spülintervall-Dauer

Die thermische Labyrinthprüfung, wie sie heute angewendet wird - und auch schon seit Hallpike - erfordert die Reizung beider Labyrinthe, des linken und des rechten, um eine Aussage über die Funktionsfähigkeit sowohl des Gesamtorgans wie auch des einzelnen peripheren Labyrinths in Bezug auf seine Erregbarkeit und Regelfunktion im Sinne der Raumorientierung machen zu können. Gleichzeitig soll eine etwaige periphere und zentrale Funktionsstörung gegeneinander abgegrenzt werden. Aus bereits genannten Gründen macht dies neben einer Kalt- auch eine Warmspülung erforderlich, d.h., die komplette thermische Labyrinthprüfung setzt sich aus vier - pro Labyrinth also zwei - Spülungen (einmal kalt, einmal warm) zusammen, die nacheinander, entweder nach der Methode von Hallpike (1942) oder in etwas modifizierter Form nach Scherer und Mulch (1980) erfolgen können. Dabei stellt sich zwingend die Frage nach der Zeit, die man für die Pausen zwischen den aufeinanderfolgenden Spülungen ansetzen soll. Es ist bekannt, daß dieser Umstand keineswegs vernachlässigbar ist, sondern daß sich aufeinanderfolgende oder wiederholte Spülungen gegenseitig, sei es in Form einer Steigerung oder Minderung der Reizantwort des jeweiligen Labyrinths, beeinflussen können.

Griffith (1920) und Dodge (1923) lieferten die ersten Beschreibungen einer progressiven Abnahme von Nystagmus-Antworten nach wiederholten rotatorischen Untersuchungen. Einige Jahre später machte auch Fischer (1931) bei experimentellen Gleichgewichtsuntersuchungen in diese Richtung gehende Beobachtungen.

Auch andere Untersucher registrierten bei ihren oft nur geringgradig abweichenden Untersuchungsmethoden dieses "Beeinflussungsphänomen" wiederholter Spülungen in Form von deutlichen Intensitätsunterschieden und forderten dabei ihren

jeweiligen empirischen Erfahrungen entsprechend bestimmte Pausenlängen zwischen den Spülungen. Diese reichten von der Forderung nach ausreichenden 5 bzw. 6 Minuten (Hallpike 1942, Jongkees 1949/53) bis zu der Forderung nach mindestens 30 Min. Länge (Fischer 1928/31, Mittermaier 1952, Hamersma 1957).

Es fehlte und fehlt auch keineswegs an Theorien, Modellen und Untersuchungen, um Erklärungen für das Beobachtete zu finden, aber die Komplexizität des menschlichen Gleichgewichtorgans ermöglicht es bis heute nur Teilaspekte darzustellen, die verschiedene Mechanismen einer möglichen Beeinflussung wiederholter Spülungen aufzeigen, ohne das Wirkungsgefüge in seiner ursächlichen Funktionalität und Gesamtheit zu erfassen.

In den verschiedenen Modellen und Theorien finden sich Begriffe wie Habituation, Adaptation und Kompensation, es wird von Interferenz gesprochen, von Ausschwingmechanismen, von Tonusdifferenz und Rechts-Links-Beziehungen, Begriffe also, hinter denen nur Beobachtungen und Vorstellungen stehen, zum Teil nur stehen können, die in verschiedenen Modellen zum Tragen kommen, welche oft in die gleiche Richtung tendieren.

4.1. Habituation

Ein in diesem Zusammenhang gern gebrauchter Begriff ist der der "response decline", abgekürzt R.D., der von Hood und Pfaltz (1954) geprägt wurde. Sie schreiben zur Erklärung dieses Begriffes: "Thorpe (1950) describes habituation in its widest sense as a simple learning not to respond to stimuli which tend to be without significance in the life of the organism; a tendency merely to drop out responses. He goes on to define it 'as an activity of the central nervous system whereby innate responses to certain relatively simple stimuli, especially those of potential value as warning of danger, wane as the stimuli continue for a long period without unfavourable results', a definition which appears particularly applicable to the R.D. phenomenon."

Der Begriff hat also zuvorderst eine beschreibende Funktion zur Eingrenzung des oben genannten Phänomens. Er beschreibt also allgemein eine zu beobachtende Abnahme der Labyrinthreaktion durch wiederholte Reizung, ohne eine Aussage über den dabei zu beurteilenden Parameter oder die auslösende Ursache zu machen.

Hood und Pfaltz (1954) führten übrigens als eine der ersten systematische Untersuchungen über den Einfluß repetitiver thermischer und rotatorischer Reizungen durch. Sie nahmen an Ratten eine gleiche Zahl von Drehversuchen über unterschiedliche Zeiträume vor - änderten also die Frequenz - und erhielten einen ähnlichen Kurvenverlauf für die dabei auftretende R.D. Sie schlossen daraus, daß weniger die Frequenz der repetitiven Versuche und damit das Intervall zwischen den Spülungen als vielmehr die Zahl der durchgeführten Spülungen verantwortlich ist. (Abb. 3.6.)

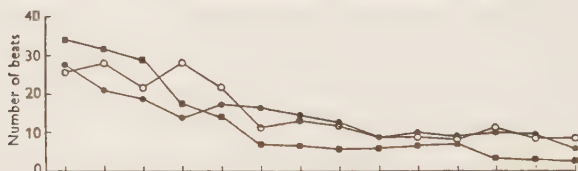


Abb. 3.6. Das Verhalten der Nystagmusaktivität - dargestellt durch die Schlagzahl und untersucht an Ratten - bei wiederholter rotatorischer Reizung von unterschiedlicher Frequenz: ●-● minütlich, ■-■ täglich, o-o wöchentlich (Hood u. Pfaltz 1954)

Bei den ebenfalls durchgeführten wiederholten thermischen Reizungen an zwei Ratten beobachteten Hood und Pfaltz keine R.D. entsprechend ihren rotatorischen Untersuchungen. Bei der zweiten Ratte kommt es zwar zu einer zunehmenden Abnahme der Reizantworten bei den in einem Intervall von 5 Minuten durchgeführten Spülungen, aber die Untersucher deuten dies nicht als einen typischen Ausdruck einer Habituation, sondern als einen

Ermüdungseffekt aufgrund peripherer Mechanismen. Denn nach einer Wiederholung der Testserie (5-Minuten-Intervall) nach einer Pause von 30 Minuten bzw. 2 Stunden findet sich - besonders bezüglich des Parameters Schlagzahl - bei der zweiten Ratte eine Rückkehr bzw. sogar ein Anstieg des ursprünglichen levels mit dann ebenfalls wieder zu beobachtender R.D., ein Befund, der bei der rotatorischen Untersuchung nicht anzutreffen war. (Abb. 3.7.)

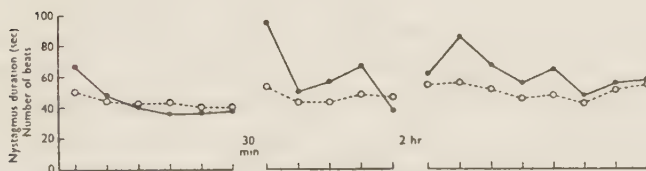


Abb. 3.7. Das Verhalten der Nystagmus-Aktivität bei Ratten, dargestellt durch ●-● Schlagzahl und o-o Dauer, bei wiederholter thermischer Reizung in drei Testserien (jeweils 5-Minuten-Spülintervall) mit Pausen von 30 Minuten bzw. 2 Stunden (Hood u. Pfaltz 1954)

Abschließend faßten sie ihre Ergebnisse in folgenden Sätzen zusammen: "The experimental results obtained make it clear that although with repeated caloric stimulation a reduction may sometimes be observed in the total number of nystagmus beats, nevertheless there occurs no fall in the response as assessed by the total duration of nystagmus. In other words, the nystagmus response to caloric stimulation is not subject to habituation (a finding which is in good agreement with our clinical experience)."

Daraus glaubten Hood und Pfaltz schließlich folgende Schluß-

folgerung ziehen zu können: "On the whole, therefore, it would seem more reasonable to explain the finding that habituation affects the rotational responses and not the caloric responses, by adopting the suggestion already made, that habituation exerts its influence by means of some central mechanism, acting at a high level of the central nervous system at which the simultaneous responses from the two labyrinth have become integrated."

Die breite Darstellung der Versuche von Hood und Pfaltz erscheint mir deshalb notwendig, weil sie die Unsicherheit, die Hypothetik, mit der bei der Erforschung dieser Problematik damals und zum Teil auch heute noch gearbeitet wurde bzw. wird, darstellt. Da erhebt sich einmal die Frage nach der Definition und Eingrenzung des Begriffes 'Habituation'. Darf man die Beobachtungen bei der thermischen Prüfung nicht als dem Wirkungsmechanismus der Habituation, sondern dem der Ermüdung zugehörig betrachten?

Inwieweit ist es zum anderen zulässig, Beobachtungen bei der rotatorischen Reizung auf die thermische zu übertragen? Bestehen vielleicht nicht grundsätzliche Unterschiede im Wirkungsfüge der Habituation nach thermischer und rotatorischer Reizung? Existieren vielleicht nicht weitere Einflußmöglichkeiten? Inwieweit ist es allerdings auch möglich, aus Beobachtungen aussagekräftige Schlußfolgerungen zu ziehen, solange der ursächliche Mechanismus der Habituation bei thermischer Reizung und die anatomische Zuordnung noch unterschiedlich interpretiert werden. Auf jeden Fall lassen die Ergebnisse der Untersuchungen - unter Berücksichtigung des allerdings nicht repräsentativen Probandengutes (zwei Ratten) - die Aussage zu, daß nach mindestens 30 Min. bei der thermischen Reizung für die folgende Spülung mit keiner etwaigen Beeinflussung in Form einer Verminderung oder Steigerung, sei es durch Habituation, R.D., Ermüdung oder Adaptation, zu rechnen ist. Bereits Fischer (1931) hat aufgrund von Untersuchungen über auftretende Pulsionsreflexe nach wiederholten Spülungen im Abstand von 10, 20 und 30 Minuten gefordert, mindestens eine

halbstündige Pause, also 30 Minuten, zwischen den einzelnen Spülungen einzulegen. Als Beurteilungskriterien zog er die Dauer der Pulsionsreflexe heran, die ihm aussagekräftig erschien.

Ein Untersucher, der sich intensiv mit dem Thema "response decline" beschäftigte und infolge seiner Untersuchungsergebnisse ebenfalls ein Intervall von 30 Minuten forderte, ist Mittermaier. Er stellte besonders in den 50iger Jahren einige aufschlußreiche Untersuchungen zu diesem Thema an (1950, 1952, 1954).

1952 führte er einige Untersuchungen mit Spülungen in 15-minütigem Abstand durch mit je 10 ccm Wasser von 17° bzw. 47°C, die Spüldauer betrug 5 sec. Er beurteilte dabei verschiedene Parameter wie Schlagzahl, Frequenz, Dauer und Gesamtamplitude. Er stellte Testserien auf mit 5 Spülungen, 3 Kaltspülungen links (17° C) plus eine Warmspülung rechts (47° C) und einer anschließenden Kaltspülung links. Er beobachtete allgemein eine Beeinflussung der experimentell ausgelösten Nystagmen im Sinne einer, wenn auch z. T. nur geringen Senkung, einige Male auch im Sinne einer Steigerung. Zu einem leichten Anstieg der Reaktion kam es gewöhnlich bei der vierten Kaltspülung links nach einer Warmspülung rechts, was Mittermaier vermuten ließ, daß auch die Ausgangslage des Bogengangapparates zu Beginn der Spülung eine wichtige Rolle spielt. Als "bestes" Kriterium der Abschwächung ergab sich bei Mittermaier die Amplitude, die nach seinen früheren (1950) und späteren (1954) Untersuchungen überhaupt den besten Parameter für die Stärke einer Reizantwort darstellt. Eine geringere, zum Teil unregelmäßige Verminderung ergibt sich bei der Schlagzahl und der Frequenz, während sie für die Dauer am geringsten bzw. zum Teil gar nicht zu beobachten ist. Bezüglich der Dauer stimmt dies mit den Beobachtungen Hoods und Pfaltz' (1954) überein.

Mittermaier macht neben dem Funktionszustand der Bogengänge auch den Funktionszustand der Zentren und zentrale Nachschwankungen für die Abnahme der Erregbarkeit verantwortlich.

Zur Klärung ist seiner Meinung nach die durch periphere Reizung ausgelöste Tonusdifferenz der Zentren und eine damit automatisch verbundene regulatorische Ausgleichsfunktion verantwortlich, eine Theorie, die durch die Untersuchungen und Modelle von Fluor und Mendel (1962) Bestärkung erlangt. Mittermaier erscheint es auf jeden Fall notwendig, daß zwischen den einzelnen thermischen Prüfungen längere Pausen - nämlich mindestens eine halbe Stunde - eingelegt werden, da die Ergebnisse nachfolgender Untersuchungen durch vorhergehende Spülungen "in sehr merkbarer Weise" beeinflusst werden.

Stahle (1956) hat vergleichbare Untersuchungen unter Anwendung der Hallpike'schen Methode - allerdings nur 30 sec. Spülzeit - durchgeführt. Er arbeitete mit Intervallen von 10 Minuten. Übereinstimmend mit Mittermaier und Hood fand er keine Anzeichen einer sichtbaren R.D. für die Dauer des Nystagmus. Das gleiche traf für die Schlagzahl zu. Bezüglich der Gesamtamplitude konnte er zwar eine Abnahme mit Zunahme der Spülungen ausmachen, die sich aber nicht als statistisch signifikant erwies. Seinen Untersuchungen zufolge läßt sich deshalb das Auftreten einer R.D. in der klinischen Praxis "unter Berücksichtigung einer entsprechenden Pausenlänge" in diesem Fall - 10 Minuten - durchaus vermeiden.

Ebenfalls unter Verwendung der Hallpike-Technik (44°C , 30°C , 250 ccm, 30 sec.) hat 1957 auch Hamersma verschiedene Parameter und Einflußgrößen der thermischen Labyrinthprüfung ausgewertet. Er nahm die von Fischer und Mittermaier geforderten 30 Minuten als Maßstab für die Intervalldauer. Er untersuchte das Auftreten einer möglichen R.D. für jede der vier Spülungen einer thermischen Labyrinthprüfung getrennt. Trotz der relativ langen Pause von 30 Minuten beobachtete Hamersma bei den 47 Probanden seiner Untersuchungsreihe eine seiner Meinung nach nicht zu vernachlässigende Abnahme vornehmlich der Warmspülung. Als Parameter erscheint auch hier wie bei Mittermaier die Totalamplitude die größte Sensitivität bezüglich einer R.D. zu haben. Aber auch die max. Geschwindigkeit der langsamen Phase ließ eine meßbare Aussagegültigkeit für habituelle Vorgänge erkennen.

Die max. Augengeschwindigkeit - neben der Dauer - als Parameter

benutzten auch Henriksson et al. (1961) in ihren Versuchen über die Effekte bei wiederholten thermischen Prüfungen bei Katzen. Einmal spülten sie jeweils das gleiche Ohr wiederholt mit Wasser von konstanter bzw. von heißer und kalter Temperatur. Für kalte Temperaturen registrierten sie dabei eine zum Teil ausgeprägte R.D. der max. Augengeschwindigkeit, während die Dauer annähernd gleich blieb. In dem Hallpike-Test vergleichbaren Spülungen an beiden Ohren erhielten sie für die max. Augengeschwindigkeit eine deutliche R.D., während die Dauer bei den einzelnen Untersuchungen ein zum Teil differentes Verhalten zeigte. Die Pausen zwischen den Spülungen waren stets auf 5 Minuten festgesetzt (Abb. 3.8.).

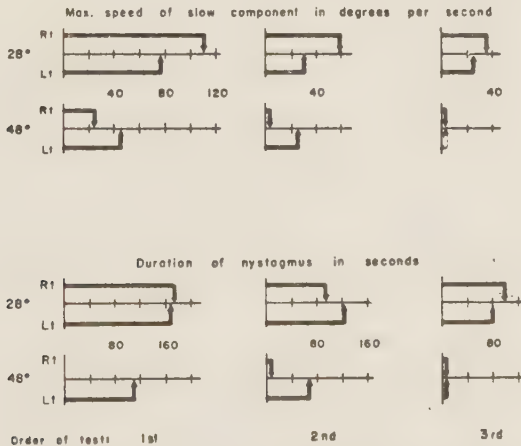


Abb. 3.8. R.D. bei wiederholten thermischen Labyrinthprüfungen nach Fitzgerald u. Hallpike - durchgeführt an Katzen (Henriksson et al. 1961)

Im gleichen Jahr untersuchte Henriksson in Fortsetzung der oben beschriebenen Versuchsreihe die Erwerbung, Beibehaltung und Übertragung der R.D. als deren drei charakteristischen Zeichen. Die Versuche wurden wiederum an Katzen durchgeführt. Von Interesse sind dabei besonders die Ergebnisse hinsichtlich der Übertragungsmöglichkeit der Habituation, der R.D. Von einem Transfer spricht man z.B., wenn nach wiederholter Reizung eines Ohres

auch eine Verminderung der Reizantwort des anderen Ohres bei Spülung mit der Gegentemperatur erfolgt.

Henriksson fand einen Transfermechanismus hauptsächlich bei Nystagmen, die in dieselbe Richtung hervorgerufen werden wie die habituierten, besonders wenn das nicht exponierte und damit nicht habituierte Ohr einem äquivalenten Reiz, d.h. mit gleicher Nystagmusrichtung, also entgegengesetzter Temperatur ausgesetzt wird. Wenn man das linke und rechte Ohr abwechselnd dagegen mit Wasser von gleicher Temperatur reizt, also einen bidirektionalen Reiz setzt, so ergibt sich für beide Nystagmen eine Habituation in Form einer R.D., wobei die Habituation der Nystagmusantwort in die eine Richtung aber nur einen kleinen oder keinen Effekt auf die Habituation des Nystagmus in die andere Richtung zu haben scheint.

Hinsichtlich der Dauer einer möglichen Habituation stellte Henriksson fest, daß bei Katzen habituelle Einflüsse nach mindestens 24 Stunden noch erkennbar sind, zum Teil auch noch nach Wochen, was aber bereits individuell verschieden ist, wie überhaupt das Ausmaß der R.D. Wie Hood und Pfaltz (1954) beobachteten auch Henriksson et al. nach vorheriger Anästhesie der Tiere keine Habituation und kommen ebenso wie diese aufgrund ihrer Untersuchungsergebnisse bei Katzen zu dem Schluß, daß zentrale Prozesse die R.D. auslösen und weder Ermüdung noch Adaptation als periphere Mechanismen hier ursächlich wirken.

Einen wichtigen Beitrag zur weiteren Aufklärung der Mechanismen und des Wirkungsgefüges einer hauptsächlich zentral gesteuerten Habituation lieferten die Untersuchungen Fluur und Mendels zu dem Thema "Habituation, efference und vestibular interplay" 1962. Sie untersuchten die Art der Labyrinthreaktion nach wiederholten monoauralen Reizen - mit zum Teil ähnlichen Ergebnissen wie vor ihnen Henriksson - und führten zur Erklärung ihrer Beobachtungen einige interessante Modelle des Wirkungsgefüges des vestibulo-okularen Reflexbogens an, basierend auf anatomischen und neurophysiologischen Erkenntnissen. Nach ihrer Theorie kommt bei den habituellen Vorgängen am Gleichgewichtsorgan besonders dem efferenten System - im Zusammenspiel mit dem afferenten - eine große Bedeutung zu. Dazu heißt es wörtlich: "An increase of the

efferent activity would lead to hyperpolarization of the cell membrane accompanied by inhibition of the stream of impulses from the sensory cells to the central nervous system. Depression of the efferent activity, on the other hand, would result in loss of this hyperpolarization pressure, which normally is always present to a certain extent. In consequence, the depolarization pressure from the sensory cells would increase, and this in turn would result in augmented spontaneous activity and intensified impulse production on stimulation. It is this intimate interplay between afferents and efferents that might account for all the results obtained in the present investigation." Und weiter heißt es: "Hence the response decline is most likely due to a gradual diminution of the depolarization pressure in the peripheral labyrinth under the influence of a mounting efferent activity leading to hyperpolarization of the cell membrane. As a result, both the spontaneous activity and the action potentials from the sensory cells are depressed, or even totally suppressed. In this way the hyperpolarization assumes the character of a counter-electromotor force which increases with each irrigation and whose purpose is to depress the responses of the sensory organ to a specific stimulus."

Gleichzeitig ist es ihren Darstellungen zufolge so, daß Veränderungen im afferenten System in Form einer De- oder Hyperpolarisation des peripheren Systems - je nach Warm- oder Kaltspülung - aufgrund bestehender Wechselbeziehungen im anderen Labyrinth den umgekehrten Effekt hervorrufen über das efferente System.

Unabhängig davon stellte Sala 1965 in einer Untersuchung über das efferente System einen feedback loop zwischen den Labyrinth dar. Er beschreibt gleichzeitig einen teils aktivierenden, teils hemmenden Einfluß auf die Aktivität des kontralateralen Vestibularnerven nach elektrischer Reizung des efferenten vestibulären Systems einer Seite. Die Reizung eines Ohres

mit kaltem Wasser verursacht labyrinthär eine Hyperpolarisation und mit einer etwas größeren Latenz gleichzeitig eine Depolarisation des kontralateralen Ohres von nahezu gleicher Dauer aber geringerer Intensität (Abb. 3.9.).

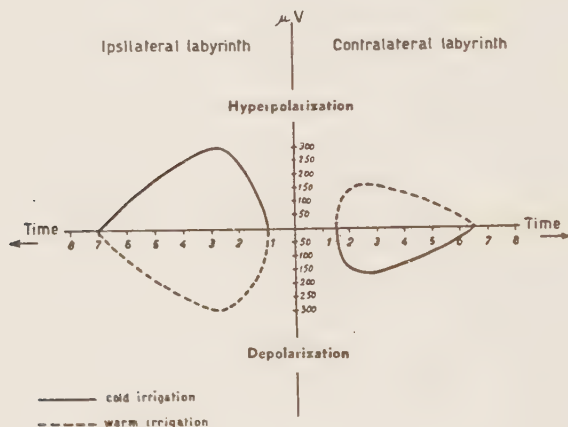


Abb. 3.9. Graphische Darstellung der reziproken Wechselbeziehung zwischen zwei Labyrinth nach thermischer Reizung: Kaltwasserreizung erzeugt am ipsilateralen Labyrinth eine Hyperpolarisation und korrespondierend eine Depolarisation am kontralateralen Labyrinth. Warmwasserreizung zeigt den umgekehrten Effekt. (Sala 1965)

Es kommt also während des Habituationsvorganges durch Aktivitätsänderungen des efferenten Systems zu einem Ungleichgewicht der beiden Labyrinthsysteme, was in extremen Fällen auch für das gelegentliche Auftreten von "secondary-Nystagmen", Spontannystagmus und erhöhter Nystagmusbereitschaft auslösend zu sein scheint. Diese Vorstellung ähnelt damit dem zehn Jahre vorher von Mittermaier (1950) entworfenen Modell der Tonusdifferenz als zentraler Begriff der Erklärung von Nystagmusbereitschaft, Nystagmusneigung und allgemeinen Ausgleichsvorgängen zwischen den Labyrinth, die damit eine gewisse Präzisierung

erhalten hat. Nach Fluor und Mendel (1962) ist auch für die bei repetitiven Reizungen zunehmend aufgetretene Dysrhythmie, besonders der Augengeschwindigkeit, die Balancestörung der Labyrinthaktivitäten verantwortlich zu machen.

Die Steuerung der Habituation und der dabei auftretenden reziproken Wechselbeziehungen zwischen den Labyrinthen geht nach Ansicht von Fluor und Mendel - übereinstimmend mit Henriksson - von der formatio reticularis aus und steht unter wahrscheinlicher Kontrolle cerebeller Strukturen. Außerdem existieren noch über sekundäre Fasern Verbindungen zwischen den beiden Vestibulariskernen. Die Habituation kann sich so über drei mögliche Wege entwickeln: Über das Cerebellum vom kontralateralen Labyrinth, über die Formatio reticularis oder direkt über Verbindungen durch sekundäre Fasern zwischen den Vestibulariskernen (Abb. 3.10.).

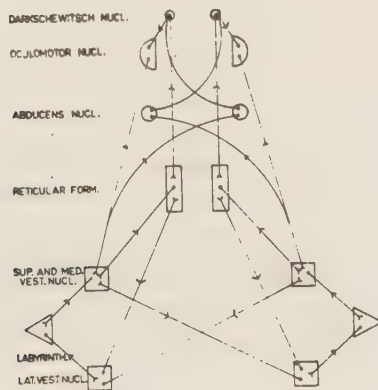


Abb. 3.10. Das afferente und efferente Vestibularsystem (Fluor u. Mendel 1962)

Entgegen den meisten anderen Untersuchern haben Fluor und Mendel die Dauer von Nystagmen als Maßstab der Habituation

verwendet wegen der bei ihnen mit zunehmender Habituation stark in Erscheinung tretenden Dysrhythmie der Winkelgeschwindigkeit. Die Zunahme der Dysrhythmie ist dabei eine allgemein zu machende Erfahrung bei Habituationsuntersuchungen (Stahle 1958, Henriksson 1961, Fluur u. Mendel 1962, Lidvall 1961/62, Collins 1965). Lidvall (1961) und Forssman (1963) haben den Gewöhnungseffekt verschiedener Nystagmusparameter verglichen und beide stellten fest, daß die Augengeschwindigkeit und die Schlagzahl mehr als die Dauer einer R.D. unterliegen. Lidvall stellte 1962 fest, daß bei Änderung der Qualität eines Reizes in Form einer Temperaturänderung oder der Lokalisation oder beider eine inkomplette Habituation, wie er es bezeichnet, erfolgt. Damit will er ausdrücken, daß der Transfer der Habituation nicht vollständig ist, sondern die Habituation auf einem höheren Level als zu Beginn der Serie einsetzt.

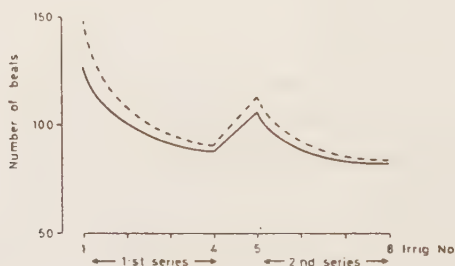


Abb. 3.11. Der inkomplette Transfer der Habituation (Spülung 5) bei wiederholten monoauriculären Reizen (8-Min.-Pause) nach Änderung der Reizbedingung - Labyrinth - und/bzw. Temperaturwechsel (Lidvall 1962)

Gleiches berichteten auch schon Hood und Pfaltz (1954) in ihren Versuchen mit repetitiven Reizen. Zusammen mit Forssman (1963) beobachtete Lidvall (1962) auch, daß unter den möglichen Parametern besonders der Schwindel, der gewöhnlich - wenn auch individuell verschieden - zu Beginn einer Untersuchungsreihe einsetzt, am

ehesten der Habituation unterliegt und am Ende der Reizungen meist verschwunden ist. Hinsichtlich der verschiedenen Qualitäten des Schwindels hat Lidvall noch festgestellt, daß besonders die max. Intensität und die Dauer der Gewöhnung unterworfen sind.

Lidvall weist in diesem Zusammenhang auch darauf hin, daß das Ausmaß des Gewöhnungsvorganges letztlich von der gesamt-experimentellen Situation abhängig ist, den jeweils versuchsmäßig bedingten Einflüssen und der Versuchsbereitschaft des Untersuchten. Auf die hierdurch auf die Habituation wirkenden verschiedenen Einflußfaktoren wird in dem noch folgenden Kapitel über Fixationsmethoden näher eingegangen.

4.2. Phasentheorie

Aus der Praxis der Drehprüfung als Labyrinthuntersuchung ist bekannt, daß sich nach dem Anhalten aus der Rotation ein phasenhafter Ablauf des sogenannten postrotatorischen Nystagmus beobachten läßt. Dieses phasenhafte Auspendeln entsteht aus dem Bestreben des Gleichgewichtsorgans, ein gestörtes Tonusgleichgewicht beider Zentren auszugleichen und ähnlich einem schwingenden System wieder in die Ruhelage zurückzukehren (Boenninghaus 1953). Nach Mittermaier (1950) entspricht dieses Verhalten einer mangelnden Dämpfung durch Gegenregulation. Die meisten Untersucher vermuten hinter diesen stets entgegengesetzten Schwingungsvorgängen ein zentrales Geschehen (Thornvall 1932, Boenninghaus 1953, Mittermaier 1950).

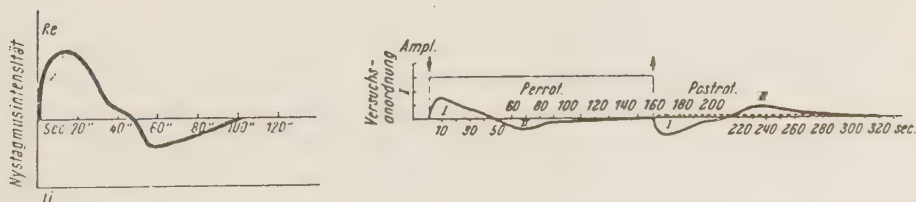


Abb. 3.12. Modell des Phasencharakters des Nystagmus (Mittermaier 1950)

Die Nachnystagmen zeigen dabei normalerweise eine schwächere Reaktion als der peripher ausgelöste Nystagmus. Das periodisch gedämpfte Wiedereinschwingen nach einem kurzzeitigen Reiz ist bei vielen Reaktionen zu beobachten, denen eine Regelfunktion zugrunde liegt.

Dieser Pendelmechanismus tritt aber nicht nur nach rotatorischer, sondern auch zum Teil thermischer Reizung auf. Verschiedene Untersuchungen jedenfalls weisen auf das Auftreten einer zweiten Phase nach thermischer Labyrinthreizung hin.

Thornvall (1932) z.B. beobachtete des Öfteren zweite Phasen nach Kalt- und Warmspülungen mit großer Menge Wasser und langer Spüldauer, eine halbe bis zwei Minuten nach Beendigung der Reizreaktion mit einer Dauer von fast fünf Minuten. Wiskovsky (1947) beschreibt sogar zweite Phasen nach Schwachreizen (10 ccm, $27,5^{\circ}\text{C}$). Boenninghaus (1953) kam in seinen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß nur starke Reize (17°C , 10 sec., 50 ccm), vergleichbar kurzzeitigen Beschleunigungsreizen, echte zweite Phasen auslösen. Die zweite Phase setzte dabei - im Gegensatz zur rotatorischen Reizung - erst etwa eine Minute nach Beendigung der ersten Phase ein über eine Dauer von etwa zwei Minuten, abhängig auch von der Stärke der ersten Phase.

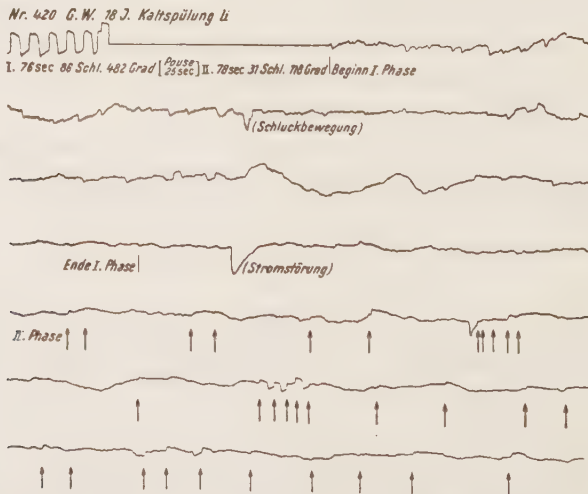


Abb. 3.13. Beispiel für den Phasencharakter des Nystagmus nach thermischer Reizung (Boenninghaus 1953)

Boenninghaus vermutet, daß die meisten bei thermischer Reizung auftretenden zweiten Phasen zentral bedingt sind, entsprechend denen bei rotatorischer Reizung, aber aufgrund einer geringeren, jedoch länger anhaltenden Endolymphbeschleunigung bei calorischer Reizung eine zweite Phase von ebenfalls geringerer Intensität, aber längerer Dauer auftritt.

Auch Hamersma (1957) berichtete über ein gelegentliches Auftreten einer zweiten Phase bei Spülung nach Fitzgerald/Hallpike. Bei 24 von 47 Untersuchten kommt es zum Auftreten eines zweiten Phasen-Nystagmus, bei zweien davon in beide Richtungen. Zwischen erster und zweiter Phase lag gewöhnlich eine Pause von 30 bis 80 sec. Die Dauer der zweiten Phase belief sich auf bis zu 300 sec. Barnes u. Benson (1977) beobachteten bei Spülungen mit Warmreizen bei allen sechs Untersuchten eine schwache inverse zweite Phase, mit einer Dauer von vier bis sechs Minuten.

Bei kurz aufeinanderfolgenden Spülungen besteht somit die Möglichkeit des Aufsetzens eines neu ausgelösten Nystagmus auf eine noch bestehende zweite oder dritte Phase. Derartige Interferenzerscheinungen hat schon Mittermaier (1954, 1966) beschrieben. Aufgrund seiner Befunde fordert er z.B. für Drehprüfungen eine Drehpause von mindestens 30 Minuten. Die Möglichkeit solcher Überlagerungen von Phasen bietet sich in gleichem Maße für die thermische Reizung an, wie an einem einfachen Beispiel gezeigt werden kann. Erfolgt nämlich an einem Ohr - nehmen wir an, dem linken - nach einer Warmspülung eine für thermische Prüfung notwendige Kaltspülung, so besteht die Gefahr, daß bei Einhaltung einer nicht genügend langen Pause der durch Kaltspülung ausgelöste Nystagmus am linken Ohr nach rechts auf die inverse Phase des vorher durch Warmreiz gesetzten Linksnystagmus, also ebenfalls ein Rechtsnystagmus, aufgesetzt wird. Dadurch ergibt sich eine Verstärkung des durch Kaltreiz ausgelösten Nystagmus, die bei stärkerer Ausprägung die - dann falsche - Vermutung eines pathogenen zentralen Geschehens entstehen lassen kann. Solchen möglichen Interferenzerscheinungen sollte auch bei Festlegung der Reizfolge Aufmerksamkeit geschenkt werden.

An dieser Stelle soll auf den möglichen diagnostischen Aussagewert einer auftretenden, ausgeprägten zweiten Phase hingewiesen

werden, bei gleichzeitigem Ausbleiben der zweiten Phase auf der anderen Seite. Hinter ihr verbirgt sich oft eine Nystagmusneigung in eine Richtung, ein latenter Spontan-nystagmus als Folge einer zentralen Tonusdifferenz (Mittermaier 1966, Hamersma 1957, Boenninghaus 1953). Dabei soll man sich vor einer voreiligen Diagnose "Untererregbarkeit" oder "Übererregbarkeit" hüten, sondern darin nur einen möglichen diagnostischen Hinweis sehen.

Um also nun bei Durchführung einer thermischen Reizung das Auslösen eines Nystagmus bei eventuell noch bestehender zweiter oder dritter Phase eines vorher gesetzten Nystagmus zu verhindern, erscheint es notwendig, ein ausreichend langes Intervall zwischen zwei Spülungen zu fordern.

Wenn man die nahe beieinanderliegenden Werte verschiedener Untersucher (Thornvall 1932, Boenninghaus 1953, Hamersma 1957) für die Pause zwischen den Phasen (30 - 100 sec.) und die Dauer (bis 5 Minuten) der zweiten Phase als Durchschnittswerte zur Festsetzung der Pausenlänge zwischen den Spülungen zugrunde legt, dann erscheint im Mindestfall ein 10-Minuten-Intervall als notwendig - unter gleichzeitiger Berücksichtigung der normalen Nystagmusedauer.

Abschließend zu diesem Kapitel soll noch auf ein weiteres Modell zur Aufklärung des Auftretens einer zweiten Phase hingewiesen werden. Jongkees (1969) glaubt unter Zugrundelegung der Untersuchungen, die er mit v. Egmond und Groen 1949 durchgeführt hat, an eine periphere mechanische Auslösung der zweiten Phase eines Nystagmus durch elastische Nachwirkkräfte der Cupula. Er verweist dabei auf Schmaltz, nach dessen Temperaturmessungen am lateralen Bogengang das Auftreten der zweiten inversen Phase auf einer Umkehr des Temperaturgradienten beruht. Denn zuerst wird - bei Kaltspülung - die laterale Wand des lateralen Bogengangs abgekühlt und dann der mehr medial gelegene Teil, bis zuletzt dieser mediale Teil kälter ist als der schon wieder wärmer werdende laterale. Es kommt damit zu einer Umkehr des Gefälles, die zu einer Änderung der Endolymphbewegung führt, eine Beobachtung, die Kleinfeldt und Dahl 1974 in ihren Untersuchungen nicht machen.

3.4.3. Temperatureinfluß

Wenn es um die Festsetzung der Pausenlänge zwischen zwei Spülungen geht, stellt sich ungeachtet der auf den Nystagmusverlauf modifizierend wirkenden zentralen und peripheren Vorgänge überhaupt die grundsätzliche Frage nach der Dauer eines normalen Nystagmus und der Dauer der Temperaturänderungen - verbunden mit entsprechenden Endolymphbewegungen - am Gleichgewichtsorgan. Anders ausgedrückt, wie lange können die Temperaturänderungen nach thermischer Reizung am äußeren Gehörgang und im Labyrinth bestehen, die als indirekter Reiz für die Labyrinthreaktion wirken. D.h. wie lange muß ich also mit dem Beginn einer nachfolgenden Spülung warten, um die gleichen thermischen Verhältnisse wie vor der ersten Spülung vorzufinden.

Die ersten aufschlußreichen Arbeiten über den Verlauf der Temperaturänderungen, die Endolymphbewegung und ihre Beziehung zur Nystagmusdauer führte Schmaltz (1924/32) durch. Nach den Vorstellungen von Schmaltz sollte dabei die Fortleitung der Temperaturänderung vom äußeren Gehörgang über die hintere Wand des knöchernen Gehörgangs und die Antrumbrücke zum lateralen Bogengang erfolgen.

Neben dieser Theorie finden sich noch verschiedene andere Vorstellungen über den Temperatureinfluß vom äußeren Gehörgang auf das Labyrinth, die zum Teil durch weitere Erforschung widerlegt, zum Teil aber auch bekräftigt wurden.

Bartels (1911) z.B. glaubte, die thermische Reaktion sei die Folge einer unmittelbaren Temperaturereizung der Nervenendigungen im Labyrinth. Kobrak (1918) stellte vasomotorische Einflüsse auf die Labyrinthgefäße in den Mittelpunkt seiner Reiztheorie. Blumenthal (1924/25) stellte sich den Weg über das Trommelfell und die Paukenhöhle zum Innenohr vor. Diese Theorie vertrat auch Rossberg (1950), nach dessen Untersuchungen die Fortleitung vom Gehörgang über das Trommelfell und die Paukenhöhlenschleimhaut und das knöcherne Labyrinth zu dem weit in die Paukenhöhle hineinragenden horizontalen oder lateralen Bogengang erfolgen müsse. Diese Annahme werde seiner Meinung nach durch die Untersuchungen von Schmaltz (1924/32) unterstützt.

Schmaltz u. Völger (1924) maßen die Temperaturänderung zwischen einer Stelle des Gehörganges nahe am Trommelfell und einer Stelle an der medialen Paukenhöhle nächst dem horizontalen Bogengang bzw. an der Wand des lateralen Bogengangs. Der Verlauf der Temperaturänderung zwischen äußerem Gehörgang und dem Bogengang entspricht nach ihren Untersuchungen dabei dem einer e-Funktion ähnlich der Verlaufskurve für Temperaturänderung am äußeren Bogengang (Abb. 3.14.a+b).

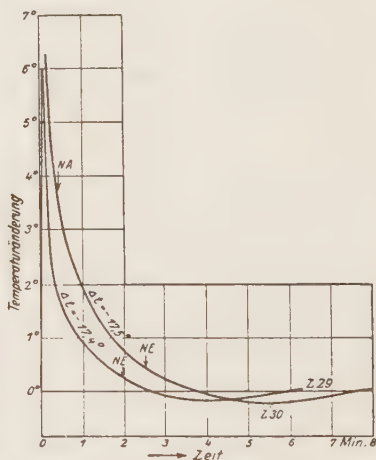
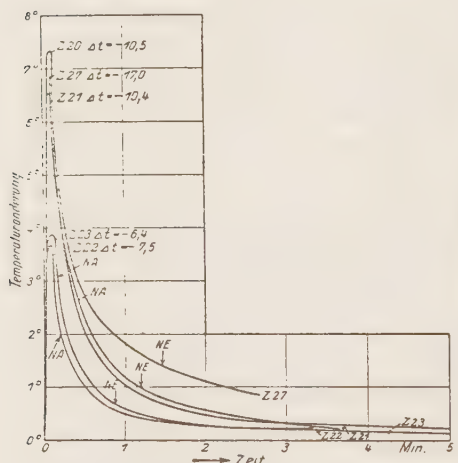


Abb. 3.14.a)

Abb. 3.14.b)

Verlauf der Temperatur an der inneren Wandung des Gehörganges unmittelbar vor dem Trommelfell (a) bzw. der Temperaturdifferenz zwischen Gehörgangswand und Bogengang bei Ausspritzung des Gehörganges (b). (Schmaltz und Völger 1924)

- Δt = Temperaturdifferenz des Spülwassers zur Körpertemperatur
- NA = Nystagmusanfang
- NE = Nystagmusende
- Z... = Zahl der Testspülungen

Die Rückkehr zur Ausgangstemperatur erfolgt selbst bei größeren Temperaturänderungen im Zeitraum von etwa 5 Minuten, wobei aber bereits nach einer Minute, der e-Funktion folgend, nur noch eine Temperaturdifferenz kleiner 1° C am äußeren Gehörgang besteht. Die Temperaturänderung am lateralen Bogengang zeigt einen raschen Anstieg, erreicht dann ein Plateau und fällt langsam wieder ab. Relativ unabhängig vom Ausmaß der Änderung

fällt die Temperatur nach rund 5-10 Minuten wieder auf den Ausgangswert.

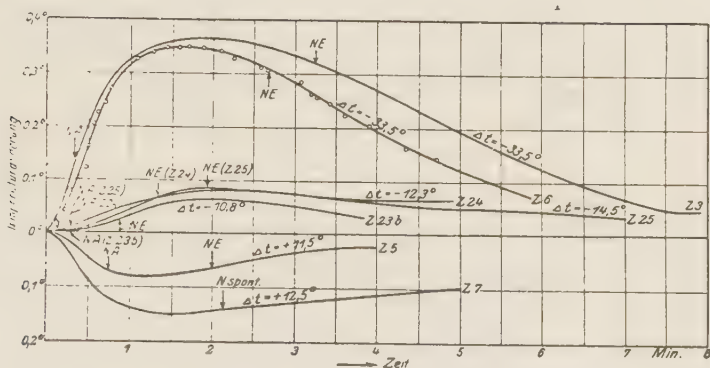


Abb. 3.15. Zusammenstellung des Temperaturverlaufes am Bogengang des Lebenden unter verschiedenen Versuchsbedingungen (Schmaltz u. Völger 1924)

Der Nystagmusbeginn fällt noch in die aufsteigende Phase der Temperaturkurve, etwa 0,2 - 0,3 Minuten nach Einsetzen der Temperaturänderung. Das Nystagmusende liegt typischerweise im Plateau der Kurve, d.h. die Temperaturänderung am lateralen Bogengang ist von längerer Dauer als der beobachtbare Nystagmus (Abb. 3.15.).

Auch Cawthorne und Cobb (1954) kommen in ihren sorgfältig durchgeführten Versuchen an 13 Menière-Kranken (mit Kalt- und Warmspülung) zu vergleichbaren Ergebnissen. Der Temperaturverlauf am Trommelfell ähnelt ebenfalls dem einer e-Funktion. Und am lateralen Bogengang steigt - bei Warmspülung - die Temperatur auf einen Plateauwert, um dann nach Spülungsende wieder langsam abzufallen. Unabhängig von der Spüldauer ist der Kurvenverlauf für die Rückkehr zum Ausgangswert gleich, er wird etwa nach 10 Minuten erreicht (Abb. 3.16.).

Die Unabhängigkeit von der Spüldauer (mit einer Konstanz des Kurvenverlaufs) führen Cawthorne und Cobb auf die thermostatische Funktion zurück, aufgrund derer die Temperaturänderung am lateralen Bogengang schließlich bis auf einen Plateauwert ansteigt, der bis zum Absetzen der Spülung konstant bleibt.

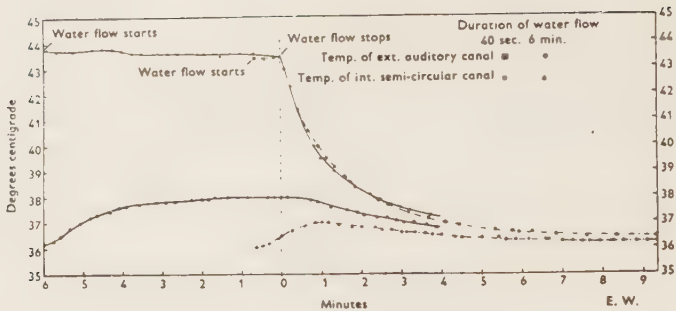


Abb. 3.16. Der Temperatureffekt am lateralen Bogengang nach Spülung mit Wasser von 44°C für 40 sec. bzw. 6 Min. (Cawthorne und Cobb 1954)

Wie Schmaltz und Völger und viele andere Untersucher machen auch Cawthorne u. Cobb die Erfahrung, daß die Kaltspülung (30°C) gewöhnlich eine stärkere Antwort erkennen läßt als die Warmspülung (44°C). Sie führen das auf den größeren Temperaturverlust des Spülwassers auf dem Weg zum Trommelfell aufgrund vaskulärer Einflüsse im Felsenbein zurück.

Im Gegensatz zu Schmaltz/Völger und Cawthorne/Cobb ermitteln Kleinfeldt und Dahl (1974) für die Dauer bestehender Temperaturdifferenzen bei 30° und 44°C -Spülungen am horizontalen Bogengang einen etwas geringeren Wert von ungefähr 5 Minuten. Sie messen dabei retroaurikulär 14 Tage nach Tympanoplastik an 154 Personen mit einem Spiegelreflexgalvanometer. Übereinstimmend mit den anderen Untersuchern bestätigen sie die Beobachtung, daß die Temperaturänderungen länger anhalten als die damit zusammenhängenden Nystagmuszeiten.

Für die Schlagzahl weisen Kleinfeldt und Dahl (1974) einen ähnlichen Sachverhalt nach (Abb. 3.17).

Sie weisen gleichzeitig darauf hin, daß "für die Schlagzahl eine direkte Proportionalität zwischen Temperaturänderung und Nystagmusreaktion besteht, die Schlagzahl also als Ausdruck der Strömungsgeschwindigkeit der Endolymphe zu werten ist",

mitunter auch für die Amplitude. Als Schwellenwert für die Nystagmusauslösung eruierten Kleinfeldt und Dahl einen Wert von $0,1^{\circ}\text{C}$ Temperaturänderung am lateralen Bogengang, was dazu führt, daß " 30° und 40°C -Spülungen keine Reaktion zeigen". Allerdings muß dabei erwähnt werden, daß Kleinfeldt und Dahl nur geringe Spülmengen mit maximal 20 ml verwendeten.

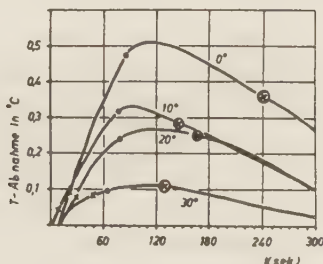


Abb. 3.17. Beginn (x), Maximum (•) und Ende des Nystagmus (⊗), bezogen auf die Temperaturänderungen am horizontalen Bogengang bei thermischen Reizungen mit $0, 10, 20, 30$ und 44°C Wassertemperatur (Kleinfeldt u. Dahl 1974)

Aus dem Vergleich der oben aufgeführten Untersuchungen über den Temperaturverlauf am lateralen Bogengang müßte man demnach die zwingende Folgerung ziehen, daß mindestens 5 Minuten, wenn nicht sogar 10 Minuten Intervall zwischen zwei Spülungen zu fordern sind.

Erwähnt seien noch Barnes/Benson, die in einer allgemeinen Untersuchung über "Adaptation bei der thermischen Prüfung" zeigen, daß ein thermischer Reiz bis mindestens 9 Minuten am Labyrinth wirksam sein kann. Barnes und Benson untersuchten einmal eine Kontrollgruppe von vier Personen im Sitzen in Optimumstellung nach Brünings mit um 60° zurückgelehntem Kopf über eine Dauer von zehn Minuten. Dabei ergab sich das übliche Bild eines normalen Nystagmus von etwa vier Minuten Dauer mit langer, doch gering ausgeprägter inversiver Phase. Um etwaige Prozesse habitueller Art möglichst auszuschalten, wurde eine weitere Gruppe untersucht, bei der im Ein-Minuten-Abstand eine

ständige Kopflagenänderung mit 60° nach hinten und 30° nach vorn durchgeführt wurde. Dabei zeigte sich, daß selbst noch nach 9 Minuten ein durch die anfängliche Warmspülung links ausgelöster Linksnystagmus wirksam und auslösbar ist (1977).

3.5. Methodisch bedingte Einflüsse

Wie bereits eingangs aufgezeigt, haben sich seit Barany (1906) im Laufe der Jahrzehnte die verschiedensten Methoden der thermischen Labyrinthprüfung entwickelt. Die lange Diskussion um die einzig gültige Erfassung von Nystagmen, die unterschiedliche Gewichtung der verschiedenen Parameter und deren Interpretation und um eine objektive Beschreibung von Nystagmen und Auswertung von Befunden hat dazu geführt, daß den möglichen Modifikationen der Nystagmusgrößen, die aufgrund von unterschiedlichen Versuchssituationen wie Wachheit oder psychischer Zustand der Versuchspersonen, unterschiedlichen Lichtverhältnissen und möglicher Fixation bei der Versuchsdurchführung in Erscheinung treten können, zu wenig Beachtung geschenkt wurden. Viele Untersucher haben so unreflektiert - in Bezug auf die speziellen Versuchsbedingungen und die Durchführung - andere Verfahren übernommen.

Heute, nachdem sich in der Praxis der thermischen Labyrinthuntersuchung bestimmte Richtungen, Meinungen und Maßstäbe bezüglich Bewertung und Auswertung herauskristallisiert haben, erkennen und anerkennen die meisten Untersucher auch die Bedeutung, die der genauen und bewußten methodischen Durchführung der thermischen Vestibularprüfung bezüglich einer objektiven und weitestgehend aussagekräftigen Diagnostik zukommt.

3.5.1. Die Fixation und deren möglichen Einflüsse

Die anfänglichen Methoden der thermischen Labyrinthprüfung waren bemüht, für die Untersuchung eine Fixation der Augen herzustellen. Brünings entwickelte (1911) zu diesem Zweck eigens ein Otagoniometer, während Barany noch einen Metallknopf

- in geringem Abstand zu den Augen - verwendete. Auch Fitzgerald/Hallpike (1942) hielten in der von ihnen entwickelten Methode der Elektronystagmographie die ursprünglich geforderte Fixation der Augen bei. Bei Benutzung der Frenzelbrille von anderen Untersuchern (Veits 1928, Jongkees 1953, Mittermaier 1954) finden sich deutlichere, stärkere Nystagmen von längerer Dauer als unter Fixation, d.h. während der Fixation scheinen hemmende Einflüsse auf die Reizantworten in Erscheinung zu treten.

Ähnliche Erfahrungen macht Henriksson (1956) bei Nystagmusregistrierung im total abgedunkelten Raum mit offenen Augen. Stahle et al. (1963) konnten dies bei Vergleichsuntersuchungen verschiedener Methoden ebenfalls bestätigen (Abb. 3.18).

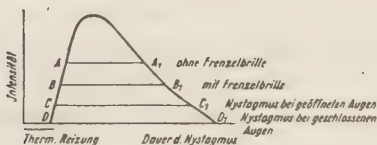


Abb. 3.18. Die Nystagmus-Intensität nach thermischer Reizung bei unterschiedlichen Fixationszuständen (Stahle et al. 1963)

Derartige Veränderungen treten aber nicht nur in der Dauer zutage, sondern auch andere Parameter - aussagekräftigere als die Dauer - lassen Einflüsse erkennen.

Torok beschreibt 1974 neben der Dauer auch für die Amplitude und die langsame Winkelgeschwindigkeit ein Ansteigen bei Nichtfixation (im Vergleich zu vorheriger Fixation), wobei dies für die langsame Winkelgeschwindigkeit am ausgeprägtesten erscheint (Abb. 3.19).

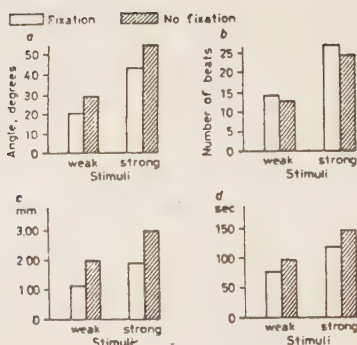


Abb. 3.19. Vergleich der Nystagmusparameter unter der Bedingung: "Fixation - Nichtfixation" (Torok 1974)

Auch Henriksson et al. (1962) beschreiben eine Verminderung von Nystagmen, dargestellt durch max. Winkelgeschwindigkeit, bei Untersuchung im Licht unter Fixation. Collins (1968), der zahlreiche Untersuchungen auf diesem Gebiet durchgeführt hat, empfiehlt, thermische Reizungen mit ENG-Registrierung nicht unter Fixation durchzuführen, sondern mit den Augen geöffnet in totaler Dunkelheit.

Collins (1965) untersuchte auch den Einfluß der Habituation auf die Nystagmen unter den Bedingungen der totalen Dunkelheit und der Fixation. Die eine Gruppe - 10 Personen - erhielt dabei 40 einseitige Spülungen über vier Tage bei Nichtfixation und die andere Gruppe - ebenfalls 10 Personen - 32 bei Fixation. Für die Gruppe im Dunkelraum ohne Fixation ergab sich im Gegensatz zu der fixierenden Gruppe keine eindeutige Habituation, besonders bezüglich des Parameters Dauer. Collins führte dies aber auch darauf zurück, daß ein Teil der Probanden der Fixationsgruppe aktiv die Augenbewegungen zu kontrollieren und zu unterdrücken versuchte. Daneben gibt es aber auch einige Untersucher wie Crampton, der - bei Katzen - keinen Unterschied im Ausmaß der Habituation in Dunkelheit und unter Licht beobachten oder ihn jedenfalls nur mit Vorbehalt interpretieren konnte (1962).

Interessant ist auch die Beobachtung einer Hemmung bzw. Reduktion der Nystagmusaktivität - nach thermischer Reizung mit Kaltwasser von 17°C - bei plötzlichem Öffnen der Augen in totaler Dunkelheit durch Litton und McCabe (1967). Nach Litton ist wahrscheinlich jedem Individuum, einem Lernvorgang folgend, eine eigene Fähigkeit zur Modifizierung des Nystagmus zu eigen.

Die Untersuchungen machen deutlich, daß bei Fixation ein wie auch immer gearteter hemmender Effekt auf Reizantwort über Regulations- und Koordinationsmechanismen des vestibulo-okularen Reflexbogens und einen retinalen Rückkopplungsmechanismus, gesteuert über cerebelläre Strukturen, besteht. Wenn nun heute die meisten Untersucher bei der thermischen Gleichgewichtsprüfung die Fixation zu vermeiden suchen, so bieten sich drei Möglichkeiten:

- bei totaler Abdunkelung mit offenen Augen,
- mit geschlossenen Augen,
- mit der Frenzelbrille.

Baloh et al. (1977) haben den Effekt der verschiedenen Bedingungen okuliärer Fixation auf die verschiedenen Nystagmusgrößen untersucht. Danach sind alle Parameter bei der Fixation einer starken Suppression unterworfen, wie nicht anders erwartet. Bei Gebrauch der Frenzelbrille zeigen sich vornehmlich für die max. Winkelgeschwindigkeit, max. Amplitude und die Dauer größere Werte und insgesamt eine geringere Streuung als bei Fixation. Ähnliches gilt auch für den Vergleich in Dunkelheit bei offenen bzw. geschlossenen Augen. Dort ist die Streuung der Parameter bei geschlossenen Augen sehr ausgeprägt, was nach Baloh - und auch nach anderen Untersuchern - auf die beobachtete Nystagmussuppression zurückzuführen ist. Aufgrund seiner Ergebnisse erscheint es am vernünftigsten, die thermische Labyrinthprüfung mit der Frenzelbrille bzw. in Dunkelheit mit offenen Augen - wobei im letzteren Falle eindeutig stärkere Antworten erzielt werden - durchzuführen. Baloh verwendet lieber die Frenzelbrille, weil sie nach seiner Meinung

die Fixation absolut verhindert und die Kontrolle über eventuelles Augenschließen des Patienten erlaubt. Allerdings soll auch bei Tragen einer Frenzelbrille durchaus noch eine Restfixation möglich sein, die auch bei Anwendung elektronystagmographischer Registrierung zu einer Verfälschung der Ergebnisse führen kann (v. Albert, 1971).

3.5.2. Der Zustand der Vigilanz

Ein weiterer, nicht zu vernachlässigender Aspekt beim Modus der Versuchsdurchführung ist der Wachheitszustand des Patienten. Das Vigilanzniveau übt einen nicht unerheblichen Einfluß auf das Auftreten und die Stärke des Nystagmus aus. Diesem Umstand wurde in der Praxis der thermischen Labyrinthprüfung lange nicht Rechnung getragen, obwohl allgemein bekannt ist, daß im Zustand hochgradiger Erschöpfung oder Ermüdung nur ein schwacher Nystagmus in Erscheinung tritt. Vielleicht wurde dieser mögliche Einfluß auch einfach unterschätzt. In den Standardwerken von Jongkees (1953) und Hamersma (1957) etwa wird keineswegs auf dieses Problem eingegangen oder es auch nur erwähnt. Gerade auf Nystagmen, die unter Ausschaltung der Fixation registriert werden, was ja heute in der Praxis üblich ist, scheint der Wachheitsgrad des Probanden einen grundlegenden Einfluß auszuüben. Das kann so weit gehen, daß ein Nystagmus zunächst gar nicht ableitbar ist per ENG, sondern erst bei entsprechender Konzentration des Untersuchten auf eine ihm z.B. unvermutet zur Lösung gestellte mathematische Aufgabe in Erscheinung tritt (Abb. 3.20.).

Collins et al. untersuchten zu Beginn der 60iger Jahre in zahlreichen Testserien die Notwendigkeit eines hohen konstanten Vigilanzniveaus für die klinische Labyrinthprüfung. Sie betonten die grundsätzlich gesteigerte Aktivität, die sich im Nystagmusbild nach Wechsel aus einem entspannten Zustand in einen von geistiger Konzentration offenbart (1961, 1962, 1968).

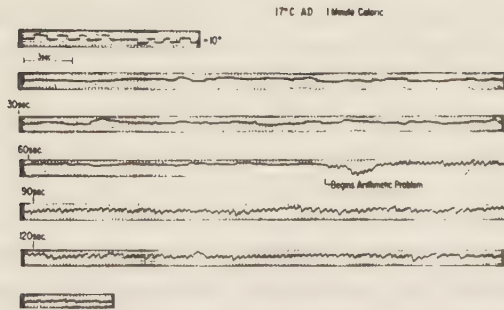


Abb. 3.20. Steigerung der Nystagmusaktivität bei Änderung des Vigilanzniveaus, z.B. durch Stellen einer Rechenaufgabe (Litton und Mc Cabe 1967)

Die Abbildung 3.21. zeigt einen solchen Versuch an 16 Probanden bezüglich des Parameters "durchschnittliche Winkelgeschwindigkeit der langsamen Phase" im Zustand unterschiedlicher Konzentration (1962).

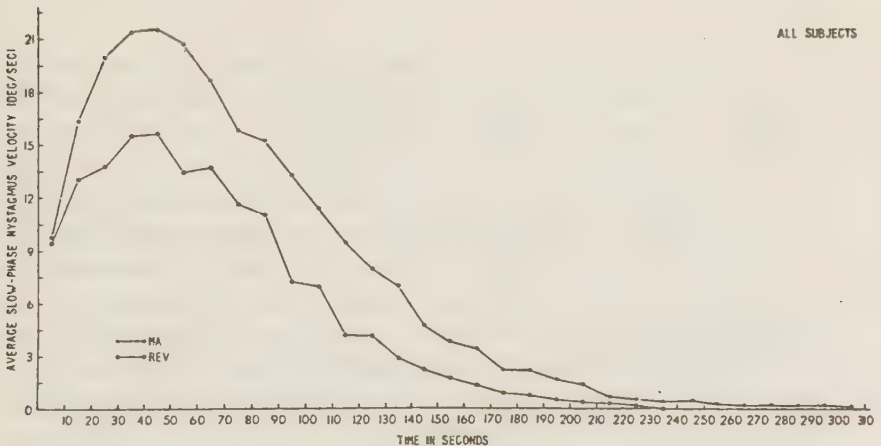


Abb. 3.21. Der Einfluß des Vigilanzniveaus auf die Nystagmusaktivität, dargestellt durch die Geschwindigkeit der langsamen Phase (Collins et al. 1962):
MA = mental arithmetic
Rev= relaxation

Auch andere Parameter wie die Dauer ändern sich entsprechend. Ein gleichmäßiges Vigilanzniveau der Probanden versuchten sie durch fortgesetztes Kopfrechnen aufrechtzuerhalten. Sie fanden auch, daß der Weckeffekt gegen Ende der vestibulären Reaktion, wo der Proband zunehmend abgelenkter und unkonzentrierter wird, noch deutlich steigernde Effekte hervorzurufen vermag.

Sokolovski hat 1966 drei Versuchsverfahren in den Mittelpunkt seiner Arbeit gestellt: Test 1, ohne visuelle Fixation, aber mit verminderter geistiger Aktivität; Test 2, wenn sowohl visuelle Fixation als auch geistige Aktivität vorhanden waren und Test 3, wo geistige Aktivität kontrolliert wurde, aber visuelle Fixation fehlte.

Unter Zugrundelegung der wichtigsten Parameter (spv, max. Frequenz, Totalamplitude, mittlere Amplitude) ergibt sich für den Test 3 die stärkste, für Test 2 die geringste Nystagmusaktivität. Daraus schließt Sokolovski, daß der jeweilige Fixationszustand - in diesem Fall die Ausschaltung der Fixation - den stärksten Einfluß auf die Nystagmusaktivität ausübt.

Sokolovski beobachtet daneben auch, daß unter Testbedingung 3 am wenigsten Unregelmäßigkeiten in Form der Dysrhythmie auftreten. Er schließt daraus, daß solche intraindividuellen Irregularitäten zu einem großen Teil durch die Wechselhaftigkeit der Vigilanz des Probanden selbst bedingt seien. Auf eine Wirkungsbeziehung zwischen Vigilanzniveau und Dysrhythmie weist auch Collins hin (1962), gibt aber auch zu bedenken, daß bei Nichtfixation im Dunkeln mit zunehmender Müdigkeit und Ablenkbarkeit des Probanden es zu einem unwillkürlichen leichten Schließen der Augen kommt, das wohl ebenfalls in manchen Fällen als ursächlich für Irregularitäten im Reaktionsbild anzusehen ist.

Beide jedenfalls erinnern daran, wie notwendig es deshalb ist, während der thermischen Prüfung eine weitgehende Gleichmäßigkeit eines bestimmten Grades der Vigilanz aufrechtzuerhalten, um ein Pendeln und ein eventuelles Absinken der Vigilanz zu verhindern bis zu einem Punkt, wo es durch zentrale Hemmung

zu einer Unterdrückung der Nystagmusantwort kommen kann. Am ehesten scheint dazu nach Meinung Sokolovskis das gleichmäßige Kopfrechnen geeignet zu sein.

Mit der Notwendigkeit und Schwierigkeit der Aufrechterhaltung des Wachheitszustandes setzt sich auch Lidvall (1962) eingehend auseinander, der die Einwirkung auf Habituation und die Notwendigkeit der Forderung von Collins untersucht. So schreibt er (und Sokolovski bestätigt): "It may nearly impossible, to cause alerting without distraction the subject's attention from the ordinary experimental conditions... The difficult ist that there is no method available to quantify the independent variable of attention."

Lidvall unterzog seine Probanden drei neuen Versuchssituationen, nachdem er alle zunächst durch vier aufeinanderfolgende Spülungen habituiert hatte. Der ersten Gruppe wurden Multiplikationsaufgaben bei der fünften Spülung gestellt, um sowohl die Wachsamkeit bzw. Konzentration als auch eine gewisse Aufmerksamkeit zu erhalten. Die zweite Gruppe sollte während der fünften Spülung durch einfaches Zählen abgelenkt werden, um nicht einzudösen, ohne ihr aber eine besondere Konzentration abzuverlangen. Und vor der sechsten Spülung - der dritten Versuchssituation - wurden beide Gruppen auf eine nun folgende, etwas unangenehmere Spülung hingewiesen, was die Wachsamkeit der Sinne wecken sollte, ohne eine dauernde "konzentrierte" Aufmerksamkeit zu erzeugen.

Interessanterweise kommt es in der Gruppe 1 zu einem ausgeprägten Weckeffekt und einer Unterbrechung der - bereits durch die vier vorher erfolgten Spülungen eingeleiteten - Habituation, während in Gruppe 2 der Verlauf der R.D. sich nicht wesentlich ändert. Und in der dritten Situation zeigt sich in beiden Gruppen ein umgekehrter Effekt (Abb. 3.22.).

Diese Beobachtungen lassen sich wahrscheinlich dadurch erklären, daß bei den Multiplikationsaufgaben (Gruppe 1) der Proband über Dauer konzentriert und aufmerksam ist, irgendwie mitmacht, ständig neu gefordert wird, wodurch es zu einer Art Weckeffekt kommt, während der Proband der zweiten Gruppe zwar eine gewisse Aufmerksamkeit zeigt, ohne aber durch das

monotone Zählen gefordert zu werden, sich konzentrieren zu müssen, so also kein Weckeffekt zustande kommt und die Habituation bestehen bleibt. Und durch die dritte Versuchssituation wird eine gewisse, kurze, passagere Wachsamkeit ausgelöst, die zwischen den beiden anderen Vigilanzzuständen angesiedelt werden kann.

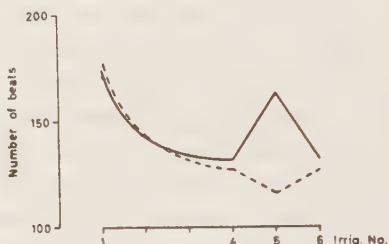


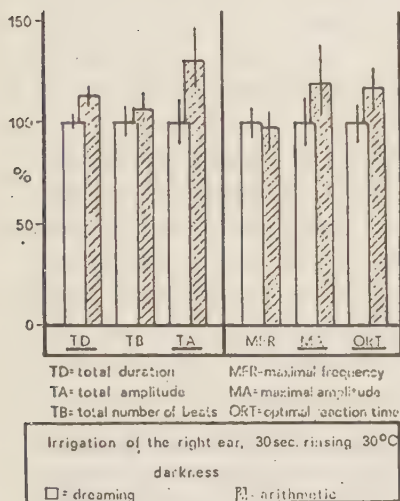
Abb. 3.22. Der Einfluß einer Änderung des Vigilanzniveaus bei eingetretener Habituation, dargestellt an drei Versuchssituationen, sh. Text (Lidvall 1962)

Es zeigt sich hier also deutlich, daß es, wie auch Collins und Sokolovski schreiben, nicht genügt, den Probanden nur zu wecken, sondern dieses Vigilanzniveau über die Zeit der Untersuchung zu erhalten, ohne daß die Gefahr besteht, daß sich durch einschleichende Monotonie ein allmähliches Absinken des Wachzustandes ergibt.

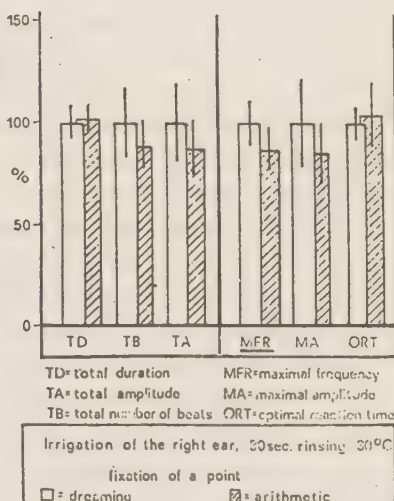
In diesem Sinne äußert sich auch Crampton (1962), der übrigens bei Katzen, die er Linearbeschleunigungen unterzog, nur einen geringen Einfluß des Wachheitsgrades auf habituelle Vorgänge findet.

Unter den jüngeren Arbeiten ist besonders die von Strauss zu nennen, der die einzelnen Parameter auf ihre Veränderbarkeit durch Änderung des Vigilanzniveaus untersuchte (1977). Er beurteilte dabei die Dauer, Schlagzahl, Totalamplitude und daneben die Maximalfrequenz und die Maximalamplitude im Kulminationsbereich, die ja eng mit der max. Winkelgeschwindigkeit korreliert. Er beobachtete bei unterschiedlichen Fixationszuständen ein Ansprechen der Aktivität verschiedener

Parameter als Reaktion auf Steigerung des Vigilanzniveaus. Bei Untersuchung in Dunkelheit mit geöffneten Augen - unter Ausschaltung der Fixation - ergibt sich bei ihm ein statistisch signifikanter Anstieg vornehmlich für die Totalamplitude und Maximalamplitude im Kulminationsbereich (Abb.3.23.a).



a)



b)

Abb. 3.23. Die Abhängigkeit der Nystagmusaktivität - dargestellt an verschiedenen Parametern - vom Vigilanzniveau bei Untersuchung a) in Dunkelheit (Nichtfixation) b) unter Fixation (Strauss 1977)

Bei Durchführung der Untersuchung unter Fixation wiederum zeigen die meisten Parameter bei Änderung des Vigilanzniveaus (Kopfrechnen) eher eine Hemmung bei insgesamt geringerer Gesamtaktivität.

Nach Kurzeja et al. (1978) besitzt bei der thermischen Prüfung der Parameter Winkelgeschwindigkeit die größte Reaktionsbreite, die durch äußere Einflüsse (geistige Aktivität, Beleuchtung) auch am stärksten veränderbar erscheint.

Die verschiedenen Parameter reagieren also bei unterschiedlichen Verfahren bei Änderung des Vigilanzniveaus ebenso unterschiedlich. Die daraus sich ergebenden unbekannten und zahlreichen Variationsgrößen bringen in die verschiedenen Untersuchungsverfahren einen unbekannten Faktor ein, der, wenn nicht eine Einheitlichkeit durch weitgehende Standardisierung erreicht wird, die thermische Labyrinthprüfung in der heute üblichen Form in Frage stellt.

Um nun in der Praxis der Gleichgewichtsprüfung auch vergleichbare und übertragbare Verfahren zu erarbeiten, erscheint es folglich notwendig, die nicht direkt faßbaren und meßbaren Einflußgrößen durch eine Standardisierung des Versuchsmodus möglichst weitgehend auszuschalten. Dies gilt sowohl für eine etwaige Unterdrückung des Nystagmus durch Fixation als auch für das Auftreten unterschiedlicher Nystagmen aufgrund eines ungleichen Vigilanzniveaus.

3.5.3. Der Einfluß von Medikamenten, Alkohol und Tabak

Über die Beeinflussung vestibulärer Reaktionen durch Medikamente finden sich zahlreiche Beobachtungen in Praxis und Forschung. Sowohl Hemmung wie Steigerung von Nystagmusreaktionen lassen sich durch Medikamente auslösen.

Bekannt sind z.B. die Wirkungen von Sympathomimetica und Antiadrenergica in Richtung einer Steigerung bzw. Minderung der Erregbarkeit des Gleichgewichtsorgans. Änderungen der Erregbarkeit sind auch nach Gabe von Psychopharmaka vom Typ der Hypnotica und Sedativa, der Barbiturate und Phenothiazine zu registrieren. Einige davon - besonders Neuroleptika - finden dabei neben den noch gebräuchlichen Antihistaminika und Cholinolytica ja heute meist Anwendung in der Therapie der Reisekrankheit, wie das Promethacin oder das neu entwickelte Präparat PB 795. Es soll aber daran erinnert werden, daß die spezifische Wirkung von Medikamenten auf die zu erwartende Nystagmusreaktion natürlich in Abhängigkeit von der Dosis auftritt. Je nach Menge eines eingenommenen Medikamentes beobachtet man also eine mehr oder weniger ausgeprägte Modifikation der Labyrinthreaktion.

Aus älteren Beobachtungen wissen wir, daß auch lokale Applikationen und Irritationen am Gehörgang oder der Nasenschleimhaut Änderungen in der Reaktion hervorrufen können, so z.B. etwa allein durch Reizungen der Nasenschleimhaut. Jongkees ließ Amylnitrit während der Untersuchung aufschnupfen und rief damit eine Verkürzung von thermischen Reaktionen nach Kaltspülung hervor. Ähnliches beobachtete er nach Anästhesie des äußeren Gehörganges durch Novocain. Und allein schon das Einreiben des Gesichtes mit Alkohol kann zu einer Abschwächung einer Nystagmusreaktion führen.

Auf die Wirkungen nach Genuß von Alkohol auf das Gleichgewichtsorgan näher einzugehen, erübrigt sich wohl, nachdem den meisten - sei es aus eigener Erfahrung oder auch nur aus Beobachtung - die dabei auftretenden Affektionen vertraut sein dürften. Die dabei entstehenden und bis zu einem gewissen Maße kompensierbaren Koordinationsstörungen des vestibulo-okulären-spinalen Reflexbogens führen zu ungesteuerten Aktivitäten des labyrinthären Systems, die vor allem durch die verminderte Fähigkeit der visuellen Fixation aufgrund der Alkoholeinwirkung bedingt sind.

Aber auch nach Genuß von Koffein als einer zentral wirkenden Droge kommt es wahrscheinlich über die Erregung vestibulärer Zentren zu Steigerungen der Reaktivität auf thermische Reizung. Auch über den Einfluß des Zigarettenrauchens auf das vestibuläre Nystagmusverhalten bei der Gleichgewichtsprüfung existieren einige Untersuchungen. Tibbling z.B. hat 1968/69 in Arbeiten zu diesem Thema gezeigt, daß Tabakrauch eine offensichtliche Steigerung der Nystagmusfrequenz hervorruft und auch auf die Winkelgeschwindigkeit der langsamen Phase sowie die Dauer einen gewissen Einfluß ausübt. Der Anstieg der Frequenz betrug bis 90 % nach dem Rauchen. Eine Erhöhung des Blut-CO₂-Gehaltes dagegen führt interessanterweise zu einem geringen Abfall der Nystagmusfrequenz. Tibbling vermutet, daß das Nikotin im Bereich der neuronalen Übertragung im vestibulo-okulären-Reflexbogen zu Veränderungen führt, die sich in der beschriebenen Weise auf die Labyrinthreaktion auswirken. Tibbling führte seine Untersuchungen am Drehstuhl durch.

4. AUFGABENSTELLUNG

Die Gleichgewichtsprüfung hat heute einen festen Platz im HNO-Bereich der Klinik gefunden. Dies gilt sowohl für die Untersuchung mit thermischer Reizung als auch für die Untersuchung am Drehstuhl. Die thermische Labyrinthprüfung wird dabei hauptsächlich nach herkömmlicher Methode mit der Frenzelbrille durch direkte Beobachtung, aber in den meisten Kliniken zusätzlich noch mit Hilfe der Elektronystagmographie durchgeführt. Erstere wird mehr in Form einer Screeninguntersuchung angewendet, während letztere der eingehenden Untersuchung vorbehalten bleibt, nicht zuletzt des größeren Zeitaufwandes wegen.

Die teils grundsätzliche Verschiedenheit der elektronystagmographischen Untersuchung an den einzelnen Kliniken aber stellt den Wert der diagnostischen Aussagekraft der Labyrinthprüfung in Frage. Unterschiedliche Be- und Auswertungsverfahren machen eine eindeutige Dokumentierbarkeit unmöglich. Seit einigen Jahren von mehreren Kliniken verstärkt einsetzende Standardisierungsbemühungen zielen darauf ab, die thermische Labyrinthprüfung auf der Basis der Elektronystagmographie endlich zu einem auch klinisch relevanten Routineverfahren zu entwickeln.

Die Bestrebungen müssen dahin gehen, einen registrierten Nystagmus mit Hilfe möglichst weniger Parameter eindeutig zu erfassen, ohne dadurch an Aussagekraft zu verlieren; ein Verfahren also zu ermitteln, das möglichst schnell und übersichtlich die möglichst vollständige Erfassung des Informationsgehaltes eines registrierten Nystagmus erlaubt.

Aus den vorangegangenen Kapiteln wird deutlich, daß dazu nicht nur eine Vereinheitlichung im Aus- und Bewertungsmodus notwendig ist, sondern im besonderen Maße auch die Versuchsdurchführung, die Reizapplikation, einer sorgfältigen Beurteilung bedarf, um die Dokumentierbarkeit der Elektronystagmographie aufrechtzuerhalten. Es sei nur an die zahlreichen Einflußmöglichkeiten methodischer Natur (Wassermenge, Temperatur, Spülfolge, Pausen),

psychischer und physischer Natur (Vigilanzniveau, Medikamente etc.) erinnert.

Vornehmlich Beachtung sollte hierbei der Einhaltung einheitlicher Pausen zwischen den einzelnen Spülungen einer vollständigen thermischen Labyrinthprüfung geschenkt werden. Die Einflüsse, die durch Habituation, Adaptation, Ermüdung und thermische Einwirkung normalerweise bestehen, können keineswegs vernachlässigt werden. Aufgrund des zeitraubenden Charakters der Elektronystagmographie sind die meisten Untersucher versucht, die Pausen zwischen den Spülungen möglichst kurz zu halten. Dies gilt natürlich besonders für den niedergelassenen Arzt in der Praxis. Aus diesem Grunde hat auch die Gleichgewichtsprüfung mit dem ENG in der Praxis des niedergelassenen HNO-Arztes keinen bedeutenden Eingang gefunden. Daneben spielen indessen auch der hohe Kostenaufwand und nicht bestehende Richtlinien in Durchführung und Auswertung des Verfahrens eine gewichtige Rolle.

Bei einer Standardisierung der Versuchsdurchführung sollte deshalb diesem Umstand insofern Rechnung getragen werden, als der unterste Grenzwert für Pausen zwischen zwei Spülungen ermittelt werden sollte, der keinen direkten relevanten Einfluß auf die Intensität der Reizantworten einer thermischen Labyrinthprüfung erkennen läßt. Ist eine Pause von 5 Minuten, wie es von vielen Untersuchern in der Klinik gehandhabt wird, noch zulässig? Schmaltz (1932), Cawthorne und Cobb (1954) sowie Kleinfeldt und Dahl (1974) weisen ja z.B. in ihren Untersuchungen nach, daß in der Zeit zwischen 5 und 10 Minuten noch ein - wenn auch geringer - Temperaturgradient nachweisbar ist.

Die Untersuchungen geben aber leider keine Aussage darüber, inwieweit z.B. dieser Temperaturgradient klinisch noch relevant ist, er auf die einzelnen Spülungen einer thermischen Labyrinthprüfung Einfluß ausübt. Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Wirksamkeit derartiger Einflußfaktoren bei thermischer Labyrinthprüfung durch vergleichende kalorische Reizung mit Pausen von 5 und 10 Minuten darzustellen.

5. METHODIK DER EXPERIMENTELLEN NYSTAGMUSPRÜFUNG PER ENG

5.1. Die thermische Labyrinthprüfung im Liegen

Die thermische Labyrinthprüfung wurde in beiden Versuchsserien im Liegen durchgeführt nach der Methode von Hallpike. Zu diesem Zwecke stand ein Kipptisch zur Verfügung. Um eine optimale Reizung des lateralen Bogengangs zu erzielen, wurde der Kipptisch um 30° zur Horizontalen angehoben. Nach Brünings (1911) kommt dadurch der laterale Bogengang in eine Vertikalstellung, bei der maximale Endolymphströmung durch thermische Konvektionsströmung eintritt. Die thermische Labyrinthprüfung nach Hallpike im Liegen ist neben der Untersuchung im Sitzen nach Veits eine der gängigsten Untersuchungsmethoden in der Klinik.

Die thermische Labyrinthprüfung selbst erfordert 4 Spülungen, zwei Warm- und zwei Kaltspülungen. In Anlehnung an Fitzgerald/Hallpike erfolgten die Warmspülungen mit Wassertemperaturen von 44°C und die Kaltspülungen von 30°C , also mit jeweils einer aequidistanten Abweichung um 7°C von der Körpertemperatur. Dadurch sollte auch ein weitgehender quantitativer und qualitativer Vergleich zwischen den einzelnen Spülungen ermöglicht werden. Die Warmreizung löst dabei, wie aufgrund der Theorie von Bárány zu erwarten war, Nystagmen zur ipsilateralen Seite aus und die Kaltspülung Nystagmen zur kontralateralen Seite.

Die Reizfolge wurde nicht in der bei Fitzgerald/Hallpike (1942) üblichen Weise, zwei Heißspülungen rechts - links und zwei Kaltspülungen rechts - links, durchgeführt, sondern in der von Scherer und Mulch (1980) vorgeschlagenen Art der Spülfolge. Dabei folgt auf die zweite Warmspülung links nicht wie bei Hallpike eine Kaltspülung rechts, sondern als dritte Spülung eine Kaltspülung links. Dadurch folgt einem Nystagmus nach links nicht ein gleichgerichteter, sondern ein entgegengesetzter

Nystagmus wie bei den restlichen Spülungen. Damit wird auch zu verhindern versucht, daß es zu einer Habituation oder ähnlichen zentralen Ausgleichsvorgängen kommt, die laut Henriksson (1961), Mittermaier (1950/54), Hood (1954) und anderer Untersucher vornehmlich bei hintereinander ausgelösten Nystagmen in die gleiche Richtung auftreten, was nach der Methode von Hallpike während der zweiten und dritten Spülung der Fall wäre.

Die Spüldauer wurde jeweils auf 30 sec. festgelegt. Sie scheint geeignet, einen günstigen Temperaturreiz bei der hier verwendeten Wassermenge zu ermöglichen, ohne Gefahr zu laufen, daß bereits zentrale Ausgleichsvorgänge einsetzen könnten.

Bei allen Spülungen wurde mit einer Wassermenge von 60 ccm $\pm$ 10% gereizt. Dieser Wert liegt nahe dem, den bereits Brünings (1911) als optimalen mittleren Wert für die Spülmenge ermittelte. Damit werden dem Gehörgang - bei der genannten Spülzeit - ausreichend Kalorien zugeführt. Für die Spülung selbst stand ein NTC - geregelter Durchlauferhitzer zur Verfügung. Durch elektronische Regelung erlaubt das Gerät eine konstante Einhaltung der Wassertemperatur während einer Spülung. Bei einer Einstellung auf 44° C Wassertemperatur schwankt die Temperatur nur um $\pm$ 0,15° C pro sec. um den eingestellten Wert. Selbst bei einer Dauermessung über mehrere Stunden zeigte sich keine Abweichung vom eingestellten Temperaturwert. Und auch die Umschaltung von einem Wert auf einen anderen - in diesem Fall von 44° C auf 30° C - erfolgte ohne Probleme.

Die Spülung in den Gehörgang erfolgte über einen Spülschlauch aus Gummi, der an der Spülpistole befestigt war. Um nicht erwünschte Wirbelbildung zu vermeiden, mußte der Spülschlauch möglichst weit in den Gehörgang eingeführt werden. Zu diesem Zwecke wurde 2,5 cm hinter der Spitze des Schlauchs eine Markierung angebracht. Zur Spülung wurde dann der Gummischlauch in den meatus externus gewöhnlich so weit eingeführt, bis die Markierung an den Tragus zu liegen kam, d.h. die Spitze lag knapp lateral dem

Trommelfell mit einer Entfernung von 8 bis 10 mm. Diese Verhältnisse gelten selbstverständlich nur für Erwachsene.

5.2. Nystagmus-Registrierung per ENG

Die Prüfung des Gleichgewichtsorgans erfolgt nicht auf direktem Wege, sondern ist auf eine indirekte Beurteilung in Form der Registrierung der über den vestibulo-okulären Reflex ausgelösten Nystagmen angewiesen.

Die hier angewendete Methode der Elektronystagmographie für die Registrierung thermisch ausgelöster Reizantworten wurde von Jung und Mittermaier (1939) als klinische Untersuchungsmethode eingeführt, fand aber nur zögernd Anerkennung bei anderen Untersuchern. Die Elektronystagmographie ermöglicht die graphische Aufzeichnung von Nystagmen und damit eine Dokumentation von Beobachtungsergebnissen.

5.2.1. Funktionsprinzip

Die Elektronystagmographie beruht auf dem von Dubois Reymond 1849 beschriebenen Potentialunterschied zwischen der Cornea und Retina des Augen.

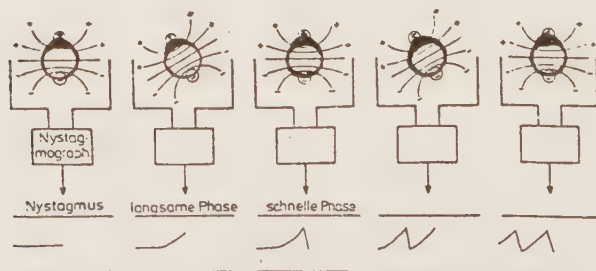


Abb. 5.1. Das Prinzip der elektronystagmographischen Registrierung

Das Auge ist dabei als Dipol zu betrachten, dessen elektrische Achse mit der optischen identisch ist. Die graphische Umsetzung

in ein Nystagmogramm kann man sich so vorstellen, daß eine durch die Pupille gehende Achse des Augapfels dessen Bewegung auf einen vorbeigleitenden Papierstreifen aufzeichnet. Dadurch entsteht eine Kurve, die dann als Nystagmogramm bezeichnet wird. In die graphische Darstellung geht so mit ein, welche Bewegung das Auge ausführt und mit welcher Geschwindigkeit (Abb.5.1.).

2.2. Die Erfassung der Augenbewegung per ENG

Für die genaue Registrierung wird notwendigerweise ein Verstärker benötigt. Er bestimmt nicht unwesentlich das Bild und die Aussagekraft des aufgezeichneten Nystagmogramms. Das corneo-retinale Potential ist sehr klein, d.h. der benutzte Verstärker benötigt einen sehr hohen Verstärkungsfaktor. Er liegt auf die Leistung bezogen bei zwei Milliarden oder 2×10^9 . Gleichzeitig muß eine hohe Störfreiheit gewährleistet sein, da jedes Störsignal um diesen Fehler verstärkt wird, wenn es in den Übertragungsbereich des Verstärkers fällt. Um dies zu vermeiden, wurde ein Differenzverstärker verwendet. Er verstärkt nur am Eingang liegende Spannungsdifferenzen. Die induzierten Störspannungen sind aber in beiden Ableitkabeln bei richtiger Anordnung annähernd gleich Null. Unter diesen Voraussetzungen bleiben die Störspannungen ohne Wirkung auf das Ausgangssignal. Weitere Störungen, wie z.B. Nerven-Muskel-Aktionspotentiale, können nur dann eliminiert werden, wenn sie in ihrer Frequenz höher liegen als die höchsten zu erwartenden Nystagmusfolgen, indem der vom Verstärker übertragene Frequenzbereich entsprechend beschnitten wird. Die Beschneidung des Übertragungsbereiches darf aber nicht durch die maximal mögliche Nystagmus-schlagzahl bestimmt werden, sondern muß einige Oktaven höher liegen, entsprechend den Gesetzen von Fourier, wenn die scharfkantigen Übergänge von der langsamen zur schnellen Phase sauber gezeichnet werden sollen. Für die hier beschriebenen Versuche wurde eine obere Grenzfrequenz von 30 Hz gewählt.

Für die Registrierung bietet sich die Verwendung eines Gleichstromverstärkers oder eines Wechselstromverstärkers an. Häufiger werden Wechselstromapparate benutzt, obwohl sie im Gegensatz zum Gleichstromgerät langsame elektrische Vorgänge unter-

drücken. Dies ist einerseits erwünscht, wenn es sich um Artefakte handelt, andererseits störend, wenn langsame Augenbewegungen, wie sie häufig in der Anfangsphase vorkommen, in Erscheinung treten. Die Zeitkonstante sollte deshalb möglichst klein sein, sie liegt gewöhnlich zwischen 1 sec. oder 1 Hz und 10 sec. entsprechend 0,1 Hz. Hier wurde eine untere Grenzfrequenz von 0,15 Hz entsprechend 0,6 sec. gewählt.

5.2.3. Elektroden

Beim Anlegen der Elektroden ist auf größte Sorgfalt zu achten. Die Störanfälligkeit ist gerade in diesem Bereich sehr groß; es muß versucht werden, möglichst niedrige und konstante Haut- und Übergangswiderstände zu erreichen. Das corneo-retinale Potential ist sehr gering und erfährt durch zu hohe Übergangswiderstände zwischen Haut und Elektroden unerwünschte Abschwächung. (Daraus resultiert zu hohe Eingangsimpedanz und diese wiederum ist anfällig für Störspannungen, d.h. induzierte Störspannungen können sich umso besser aufbauen, je größer die Eingangsimpedanz ist.)

Die günstigsten Werte für Übergangswiderstände liegen unter 5 kOhm. Bei Werten über 50 kOhm ist gewöhnlich keine zufriedenstellende und eindeutige Auswertung der erhaltenen Nystagmogramme mehr möglich.

Bewährt haben sich die auch hier benutzten festen Napfelektroden mit einer Silber-Silberchlorid-Platte als Napfboden. Die mit Elektrodengel gefüllten Napfelektroden werden mit klebenden Ringen in den lateralen Augenwinkel und auf der Stirn befestigt (Abb. 5.2.).

Das Elektrodengel muß als Kontaktmittel zwischen Haut und Elektroden natürlich eine hervorragende Leitungsfähigkeit haben. Die meisten Gele enthalten außerdem hautreizende Zusätze, um die Durchblutung der tieferen Hautpartien zu steigern, was natürlich die Ableitung günstig beeinflusst. Vor Anlegen der Elektroden wird die Haut mit Alkohol gereinigt und entfettet.

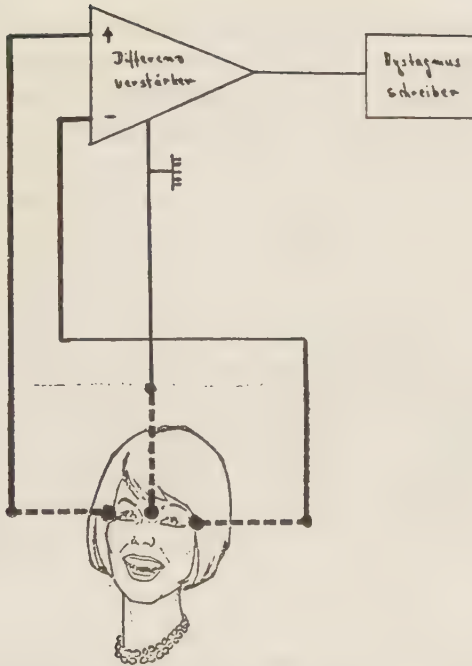


Abb.5.2. Elektrodenanordnung bei der elektronystagmographischen Registrierung (nach Claussen 1975)

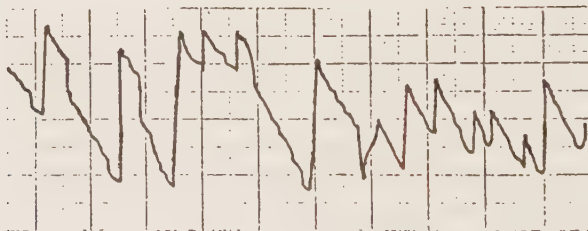
In den vorliegenden Versuchen wurde die binokuläre horizontale ENG-Ableitung verwendet. Die Elektroden werden dabei, wie eben erwähnt, an den lateralen Augenwinkeln befestigt, die neutrale Elektrode an der Stirn. Es wird das Summenpotential beider Augen abgegriffen. Über einen Einkanalschreiber wird dann der Nystagmus in horizontaler Richtung registriert. Es ist nämlich nur die Darstellung der Augenbewegungen in einer Ebene pro Schreibkanal möglich.

.4. Das Nystagmogramm

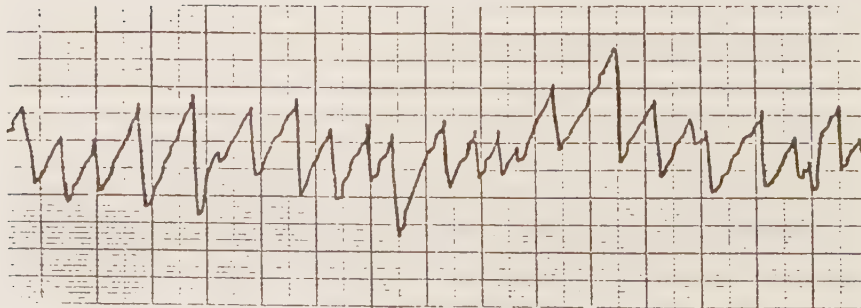
Das Nystagmogramm stellt die graphische Aufzeichnung der durch thermische Reizung des Labyrinths über den vestibulo-okulären Reflex ausgelösten Nystagmen dar über eine Registrierung der Potentialdifferenzänderung zwischen Retina und Cornea.

Der Potentialwechsel, der bei Abweichung der Augen von der Mittellinie gemessen wird, ist dem Blickwinkel proportional. Der Nystagmus teilt sich in zwei Phasen, eine langsame Gleitbewegung und eine schnelle Rückstellbewegung. Die Bezeichnung "Rechts- oder Linksnystagmus" erfolgt jeweils entsprechend der Richtung der schnellen Augenbewegung. Ein Rechtsnystagmus besteht somit aus einer langsamen Phase mit Deviation nach links und einer schnellen Phase nach rechts. In der graphischen Darstellung ergibt dies einen typischen Nystagmusschlag mit charakteristischem, sägezahnartigen Muster, d.h. im Ablauf des einzelnen Schlages ist eine deutliche langsame und schnelle Phase zu differenzieren, wobei der Anstiegswinkel der langsamen Phase kleiner als der Anstiegswinkel der schnellen Phase sein muß. Der Rechtsnystagmus resultiert dabei graphisch in einer steilen schnellen Phase nach oben und einer flacheren langsamen Phase nach unten. Umgekehrtes gilt für den Linksnystagmus.

Abb. 5.3.



Rechtsnystagmus



Linksnystagmus

Entsprechend den Standardisierungsvorschlägen von Montandon und Monnier (1955) bedeutet eine nach oben gerichtete Auslenkung eine nach rechts gerichtete Augenbewegung und eine nach unten gerichtete Auslenkung eine Abweichung nach links.

2.5. Papiergeschwindigkeit

Bei der Papiergeschwindigkeit erscheint es vorteilhaft, sie nicht zu schnell einzustellen, weil sonst die Winkelgeschwindigkeit der langsamen Phase unter Umständen nicht mehr aus der graphischen Darstellung eindeutig errechnet werden kann. In dieser Arbeit wurde eine Papiergeschwindigkeit von 10 mm/sec. gewählt. Als Schreibsystem diente ein Thermoschreiber, der über einen elektrisch geheizten Schreibzeiger auf einem dafür notwendigen Spezialpapier eine chemische Reaktion hervorruft, die zu einer scharf begrenzten Verfärbung und damit zur Kurvenzeichnung führt.

3. Bemerkungen zur Elektronystagmographie

3.1. Vorteile

Mit Einführung der Elektronystagmographie ist man dem Ziel einer Dokumentierung eines Nystagmus einen großen Schritt näher gekommen. Die graphische Darstellung und Auswertung im Schmetterlingsdiagramm erlaubt eine schnelle Erfassung und Beurteilung des Reizergebnisses, ohne den Anspruch an Eindeutigkeit erheben zu wollen. Außerdem besteht die Möglichkeit, verschiedene Nystagmogramme zu vergleichen unter der Voraussetzung selbstverständlich, daß ein allgemein gültiges, standardisiertes Verfahren besteht, was ja für ein Routineverfahren, soll es dem Anspruch der Gültigkeit auch gerecht werden, gefordert werden muß. Nicht zuletzt gestattet das Verfahren der Elektronystagmographie es, Verlaufskontrollen, die besonders für die Therapie von Bedeutung sind, durchzuführen. An erster Stelle der Vorteile aber ist die genaue Meßbarkeit von Nystagmen bei Anwendung der Nystagmographie zu nennen.

Nicht nur die Meßbarkeit erreicht ein hohes Maß an Genauigkeit - selbst sehr kleine Augenbewegungen und Unregelmäßigkeiten können erfaßt werden -, sondern auch qualitative Unterschiede in Richtung Größe, Rhythmus und Geschwindigkeit des Nystagmus treten in der Darstellung deutlich hervor dank der Vielfalt der registrierbaren Parameter.

5.3.2. Nachteile

Andererseits sind die Aussagemöglichkeiten der per ENG aufgezeigten Nystagmogramme begrenzt. Gewisse Nystagmusformen etwa lassen sich nur schwer oder gar nicht mit dieser Methodik erfassen. So ist ein vertikaler Nystagmus mit einem Ein-Kanal-Schreiber nicht erfaßbar. Denn wie oben bereits erwähnt, können mit Hilfe der bisherigen Nystagmographen nur Augenbewegungen in einer Ebene pro Schreibkanal aufgezeichnet werden. Dafür wäre ein doppelter apparativer Aufwand notwendig, der bei einem gewöhnlich nicht allzu häufig in Erscheinung tretenden Vertikalnystagmus nicht ganz gerechtfertigt erscheint. Überhaupt nicht aufdeckbar ist elektronystagmographisch ein rotierender Nystagmus. Er stellt sich mehr oder weniger als Artefakt dar. Auch ein Lage- und Lagerungsnystagmus ist nur bei Verwendung eines Kipptisches für die Untersuchung auffindbar. Nach Mulch und Trincker (1975) liefert die elektronystagmographische Erfassung auch schlechte Ergebnisse bezüglich eines Spontannystagmus, und zwar insofern, als er wesentlich häufiger als bei Untersuchung per Frenzelbrille in Erscheinung tritt. So fanden sie z.B. bei 50 % elektronystagmographisch Untersucher einen Spontannystagmus. Ein Spontannystagmus ist dabei durch zahlreiche Faktoren beeinflussbar wie Belichtung, Blickrichtung und Fixierung. So ist seit langem bekannt, daß durch Fixation etwa und Belichtung der Retina ein Spontannystagmus gehemmt wird. Übrigens stellt auch der Lagenystagmus eine Form des Spontannystagmus dar.

Allgemein sollten bei der elektronystagmographischen Aufzeichnung Fehler, die aufgrund von mangelnder Sorgfalt in der Durchführung der Untersuchung und späteren Auswertung entstehen können, erkannt und soweit möglich vermieden werden. Besonders unkontrollierte Bewegungen der Untersuchten führen häufig zu den verschiedenartigsten Artefakten im Kurvenbild. Sie erschweren die Auswertung und verlangen, um Fehlinterpretation zu vermeiden, eine allgemeine Kenntnis dieser Störfaktoren und ihrer möglichen Ursachen. Häufig sind Artefakte durch Hauptpotentiale (Mittermaier u. Ebel 1952, Christian 1954, Minnigerode et al. 1977). Ursache für derartige Hauptpotentiale sind willkürliche Augenbewegungen der Probanden wie Zwinkern, Lidschluß, Augenzucken oder Stirnrunzeln, Mundbewegungen und allgemein Bewegungen der mimischen Muskulatur.

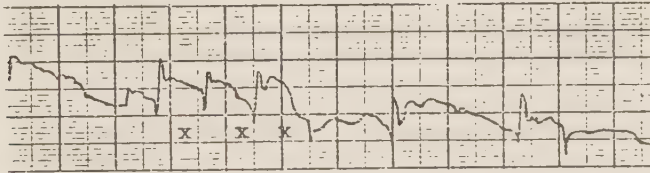


Abb. 5.4. a) Artefakte durch Lidbewegungen (x)

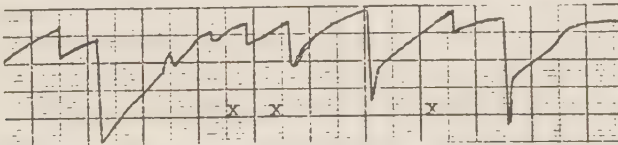


Abb. 5.4. b) Artefakte durch Lidkneifen (x)

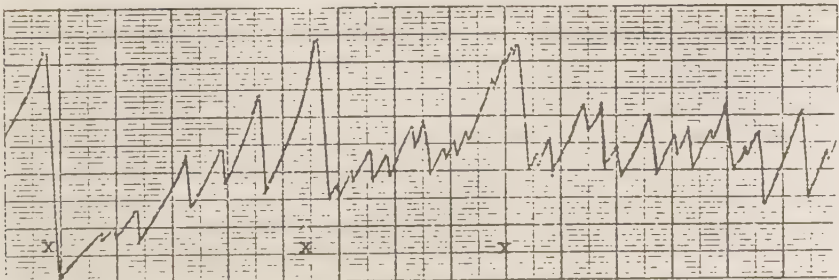


Abb. 5.4. c) Artefakte durch Augenbewegungen (x)

Diese Störungen äußern sich in der graphischen Aufzeichnung (Abb. 5.4. a - c) nicht selten als Pseudonystagmen, d.h. einem normalen Nystagmus ähnlich mit einem mehr oder weniger steilen Anstieg und kurzem Abfall der Linie - manchmal auch mit einem ausgeprägten Ausschlag zur Gegenseite. Auch eine Verschiebung der Elektroden kann zu derartigen Artefakten aufgrund mangelnder Befestigung oder Änderung der Mimik führen (Abb. 5.4. d). Minnigerode (1977) beschreibt z.B. nystagmus-ähnliche Artefakte infolge einer horizontalen Verschiebung der neutralen Stirnelektrode. Häufig treten diese Veränderungen am Ende des Nystagmus auf, was bisweilen die genaue Endpunktbestimmung des Nystagmus erschwert, nicht zuletzt auch wegen einer zunehmenden Augenunruhe. Ebenfalls als Ausdruck zunehmender Ermüdung sind auch langsame Pendeldeviationen der Augen zu werten (Jongkees 1969).

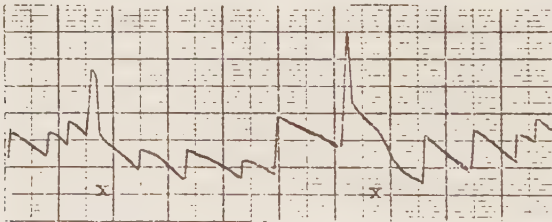


Abb. 5.4. d) Artefakte durch Elektrodenverschiebung (x)

Sie können unter Umständen allerdings auch ein Hinweis auf vestibuläre Untererregbarkeit sein.

Nur eine genaue Unterweisung des Patienten vor der Untersuchung, grundsätzliche Sorgfalt in der Durchführung und in der Auswertung schützen so vor einer evtl. Fehlinterpretation registrierter Nystagmen.

4. Bemerkungen zum Versuchsmodus

Während der thermischen Labyrinthuntersuchung gilt es, die extravestibulären Einflüsse möglichst gering zu halten. In den einleitenden Kapiteln wurde bereits auf die Bedeutung der Fixation und der Vigilanz für thermische Labyrinthuntersuchungen eingegangen. Für die vorliegende Arbeit wurden die Modalitäten in der folgenden Weise festgesetzt:

4.1. Fixation

Verschiedene Bedingungen der visuellen Fixation äußern sich teils in einer Hemmung und teils in einer Steigerung der Reizantwort auf thermische Labyrinth-Reizung. Eine Untersuchung unter Fixation wird heute kaum mehr vorgenommen, da man deren hemmende Wirkung auf den Nystagmus vermeiden möchte. Gleiches gilt auch für die Untersuchung mit geschlossenen Augen. In beiden Fällen ist die große Streubreite der ermittelten Parameter unerwünscht für eine brauchbare Routineuntersuchung. Damit bleibt die Möglichkeit der Ausschaltung der Fixation entweder durch Verwendung einer Frenzelbrille oder durch totale Abdunkelung des Untersuchungsraumes (bei offenen Augen). In diesem Fall wurde die letztere Möglichkeit als die geeignetere angesehen. Sie liefert laut Baloh (1977) die größten Aktivitäten in Bezug auf die verschiedenen Parameterwerte ohne daß die Einzelwerte zu sehr streuen wie in den Fällen oben. Außerdem erfordert diese Methode keine zusätzliche Manipulation am Patienten wie bei der Frenzelbrille, die von vielen Untersuchten als unangenehm empfunden wird über die Dauer der Labyrinthuntersuchung, was sie oft zu unkontrollierten Augen- und Kopfbewegungen veranlaßt. Natürlich ist es dabei wichtig, eine totale Abdunkelung des Untersuchungsbereiches zu gewährleisten. Zu diesem Zweck befindet sich in unserem Fall der Kipptisch, auf der der Untersuchte zu liegen kommt, in einem durch lichtundurchlässige Vorhänge total abdunkelbaren Bereich des Untersuchungsraumes.



Abb. 5.5. Die räumliche Versuchsanordnung

Während der Untersuchung wird außerdem der Raum zu zwei Drittel per Dimmer abgedunkelt. Dies ist ja auch für eine Untersuchung mit Frenzelbrille erforderlich, da ansonsten eine bestehende Restfixation nicht umgangen werden kann. Das Offenhalten der Augen kann direkt über die aufgezeichneten Kurven kontrolliert werden. Außerdem wird entsprechend versucht, die Vigilanz des Probanden gleichmäßig aufrechtzuerhalten und einem Ermüdungseffekt entgegenzuarbeiten.

4.2.Vigilanz

Während der Untersuchung ist es unerläßlich, den Patienten wach zu halten und ihn nicht einfach "sich selbst zu überlassen". Denn die liegende Position, der abgedunkelte Raum und die relativ lange Dauer der Untersuchung verleiten den Probanden schnell dazu, ein wenig "einzudösen". Eine Abnahme in der Vigilanz führt aber zu einem keineswegs vernachlässigbaren Absinken in der Aktivität der Reizantworten. Dabei beobachtet man eine Abnahme aller Parameter. Lidvall (1961) und Sokolovski (1966) beobachteten auch, daß eine bestehende Dysrhythmie durch Vigilanzsteigerung in einen regelmäßigen Nystagmus abgelenkt werden kann (s.a. Ranacher/Moser 1982).

Um ein vergleichbares, objektives Untersuchungsergebnis zu erlangen, muß somit ein möglichst gleichmäßig hoher Grad der Wachheit beim Probanden aufrechterhalten werden. Nach Ansicht der meisten Untersucher gelingt dies am ehesten durch ständiges Kopfrechnen. Scherer und Mulch (1980) scheint das konstante Rechnen in Form von Subtraktionen (etwa $1000 - 7, -7 \dots$) geeignet. Derartiges monotones Rechnen mag aber nur für kurze Dauer einen Wachhalteeffekt ausüben. Lidvall (1961/62), Sokolovski (1966) und Collins mit Mitarbeitern (1961) weisen darauf hin, daß bei einfachen Rechenarten wie der Addition und Subtraktion eine gewisse Aufmerksamkeit erreicht wird, aber die Automatie und Monotonie des Rechengvorganges zu einem baldigen Absinken der Konzentration und der Vigilanz führten. Gegen Ende der Registrierung der letzten Spülung kommt es dann zum Auftreten einer Dysrhythmie als Zeichen zunehmender Ermüdung. (Der Weckeffekt kommt aber gerade im flachen Teil der Nystagmuskurve, d.h. bei Abnahme der Reizantwort, zum Tragen.) Um nun die einzelnen Probanden über die Dauer der Untersuchung möglichst auf dem gleichen Vigilanzniveau zu halten, wurden den Probanden bei den hier durchgeführten Labyrinthprüfungen Multiplikationsaufgaben von unterschiedlichem Schweregrad (z.B. 13×12 , 4×16 , $7 \times 14 \dots$) über ein Tonband gestellt. Gleichzeitig wurden

zu den einzelnen Aufgaben auch falsche und richtige Lösungen angeboten in zufälliger Reihenfolge. Der Proband gab dann durch "richtig" oder "falsch" an, ob die angebotene Lösung mit seinem selbst errechneten Ergebnis übereinstimmte. Durch den Versuchsleiter wurde dann dem Probanden sofort mitgeteilt, inwieweit seine Ergebnisse zutreffend waren oder nicht. Dadurch daß der Proband gezwungen war, nicht nur einfach Rechenaufgaben zu lösen, sondern die jeweilige Lösung zugleich zu kontrollieren, wurde versucht, die Konzentration über die Länge der Untersuchung aufrechtzuerhalten, ohne daß sich unter Umständen ein Ermüdungseffekt wie bei den oben beschriebenen, monotonen Rechenarten einschleichen könnte. Ebenso war dadurch während der laufenden Untersuchung die Möglichkeit einer Kontrolle des Vigilanzniveaus des Untersuchten gegeben. Gehäuftes Nichterkennen von Falsch- oder Richtigantworten wurde als Abnahme der Kooperationsbereitschaft und des Vigilanzniveaus gewertet. Die Lippen- und Mundbewegungen erzeugten dabei keine Störungen und Artefakte in der Nystagmusaufzeichnung. Es wurden auch einige wenige Untersuchungen in der Weise durchgeführt, daß man den Untersuchten erst am Ende der Registrierung die Anzahl ihrer ermittelten Falschergebnisse bekanntgab, wobei sich keine signifikanten Unterschiede der Nystagmusaktivitäten zeigten.

Hofferberth und Moser stellten 1981 eine Untersuchung über die Wirksamkeit der hier auch verwendeten Methodik des kontrollierten Rechnens zur Erhaltung eines gleichmäßigen Niveaus der Vigilanz bei der Nystagmographie an. Sie beobachteten dabei, daß die errechneten (gemittelten) Parameter der Nystagmusantwort signifikant und zum Teil hochsignifikant über denen einer Vergleichsgruppe ohne Rechnen liegen. Darüberhinaus war auch die Streubreite der Parameter geringer.

Hofferberth weist ebenfalls auf die Notwendigkeit der gezielten Lautsprecheranordnung hin, um eine räumliche Orientierung zu vermeiden. In unserer Versuchsanordnung wurde, um eine Lateralisierung des Nystagmus durch Neigung der Blickrichtung zu einer Schallquelle - z.B. einer sprechenden Person - zu vermei-

den, das Tonband mit den gespeicherten Rechenaufgaben direkt an der Kopfseite der Kippliege installiert.

4.3. Probanden

Für eine Explorationsuntersuchung in der Elektronystagmographie ist sowohl die Anwendung eines aussagegültigen, standardisierten Verfahrens der Be- und Auswertung der Elektronystagmographie wie auch ein fundiertes Probandengut zu fordern, will man eine vergleichbare Bewertung und Beurteilung verschiedener Nystagmogramme durchführen. Zunächst sollten die Probanden natürlich keinen Hinweis für eine Erkrankung des cochleo-vestibulären Systems erkennen lassen, d.h. sie sollten alle gesund sein. Bei den einzelnen Probanden wird eine kurze Anamnese erhoben. Eine zusätzliche Ohrenspiegelung gibt Auskunft über mögliche gegenwärtige Veränderungen, die zu einer Verfälschung des Untersuchungsergebnisses führen könnten. Probanden mit ausgeprägter Seitendifferenz oder Richtungsüberwiegen und auffallendem Spontannystagmus sollten von der Untersuchung ausgeschlossen werden. Der Anteil männlicher und weiblicher Probanden sollte gleich groß sein, solange die Abhängigkeit der Ergebnisse der thermischen Labyrinthprüfung vom Geschlecht nicht eindeutig untersucht worden ist. Einige Veröffentlichungen lassen vermuten, daß gewisse geschlechtsspezifische Unterschiede existieren könnten. Zukünftige Untersuchungen sollten auch dieser Fragestellung Beachtung schenken. Ebenfalls noch wenig untersucht ist der Einfluß des Lebensalters auf das Ergebnis der thermischen Labyrinthprüfung bzw. dessen praktische Bedeutung. Das Auftreten altersbedingter Veränderungen am Vestibularapparat jedenfalls wurde lange bestritten. Es existieren zwar Untersuchungen über die Altersabhängigkeit, die aber aufgrund der unterschiedlichen Kriterien auch widersprüchliche Befunde liefern (Minnigerode et al. 1967, Gramowski u. Unger 1969/1973, Brunner u. Norris 1971, Mulch u. Petermann 1977). Dabei wird ebenso von einer vestibulären

Mindererregbarkeit im Alter in den einen Untersuchungen, wie von einer Übererregbarkeit in anderen Untersuchungen berichtet. Teilweise zeigen die einzelnen Nystagmusparameter auch ein unterschiedliches Verhalten in Abhängigkeit vom Lebensalter.

Mulch und Petermann untersuchten 1977 an 102 Gesunden im Alter von 11 bis 70 Jahren die Abhängigkeit der verschiedenen Nystagmusparameter, der Seitendifferenz und des Richtungsüberwiegens, Kalt- und Warmspülungen bei der thermischen Reizung vom Lebensalter. Sie ermittelten dabei für Gesunde des mittleren und späten mittleren Lebensalters die größten Aktivitäten bezüglich der verschiedenen Parameter. Darüber und darunter findet sich größtenteils eine Abnahme der Werte. Die größten Werte für die max. Geschwindigkeit der langsamen Phase z.B. treten in der Altersgruppe von 30 bis 40 Jahren auf. Gleiches gilt für die max. Amplitude. Beide Autoren vermuten aufgrund ihrer Ergebnisse auch, daß "Seitendifferenz und das Richtungsüberwiegen in Beziehung zum Lebensalter stehen könnten". Auch bezüglich der Werte bei Kalt- und Warmspülungen ergeben sich zum Teil differente Werte. Mulch und Petermann glauben, daß dafür verschiedene Unsicherheitsfaktoren, wie etwa das jeweilige Vigilanzniveau mitverantwortlich sind, und die Befunde nicht rein altersbedingt sind.

Auf jeden Fall scheinen nach verschiedenen Untersuchungen altersbedingte Einflüsse in der thermischen Labyrinthprüfung zu existieren. Solange aber keine Normwerte für die quantitative Bewertung der Reizantwort bei thermischer Prüfung, besonders auch unter Berücksichtigung der Altersabhängigkeit, existieren, erscheint eine Exploration und vergleichende Untersuchung auf dem Gebiet der Labyrinthprüfung nur dann als sinnvoll, wenn sie sich auf ein einer gleichen Altersgruppe zugehöriges Probandengut stützen kann. Für die vorliegende Untersuchung wurden nur gesunde Personen herangezogen im Alter von 20 bis 30 Jahren, 2 Probanden waren zwischen 30 und 35 Jahre alt und einer zwischen 15 und 20 Jahren. Von den 30 Versuchspersonen waren 16 männlich und 14 weiblich.

4.4. Abstand der Spülungen

Für die vorliegende Arbeit waren zwei Versuchsserien angesetzt. Einmal je eine vollständige thermische Labyrinthuntersuchung im Liegen mit einem Abstand von je 5 Minuten zwischen den 4 Spülungen und zum anderen je eine Untersuchung mit einer Pause von 10 Minuten zwischen den Spülungen. Will man jedoch zwei - in diesem Fall einmal mit je 5 Min. und einmal mit je 10 Min. Spülpausen - thermische Prüfungen vergleichen, ist es notwendig, Einflüsse, die sich in Form einer Steigerung oder Minderung der Aktivitäten in beiden Spülungen oder einer von beiden geltend machen könnten, möglichst auszuschließen. Insbesondere gilt es auch, Störfaktoren, die nach erfolgter erster Spülung der thermischen Labyrinthprüfung wirksam werden könnten, auszuschalten oder möglichst gering zu halten (Habituation, Wachzustand, Wechsel der Untersuchungen).

Die Untersuchungsergebnisse über die Wirkungsdauer der Habituation sind recht verschieden. Laut Fischer (1931), Hood/Pfaltz (1954) und Mittermaier (1952) ist nach einer Pause von 30 Minuten nicht mehr mit einer Minderung oder Steigerung der Reaktion auf thermische Reizung durch Habituations-, Ermüdungs- oder Adaptationsstörungen zu rechnen. Hamersma (1957) erscheinen 30 Minuten dagegen eher zu kurz. Schon nach 8 Minuten beobachtet Lidvall (1962) keine vollständige Habituation mehr, d.h. bei einer zweiten Untersuchung nach 8 Minuten liegt die Aktivität der ersten Spülung fast auf dem gleich hohen Level wie zu Beginn der ersten Untersuchung. Henriksson (1961) beobachtet - allerdings bei Katzen - selbst bei einer nach 24 Stunden wiederholten Untersuchung noch Einflüsse durch Habituation. Manche Untersucher gehen so weit, einzelne Untersuchungen in wöchentlichen oder monatlichen Abständen durchzuführen, um jegliche Beeinflussungen auszuschalten.

Wenn man allerdings die Untersuchungen nicht am gleichen Tag

durchführt, besteht Gefahr, daß eine veränderte physische oder psychische Situation des Probanden, die auch in einer veränderten Vigilanz zum Ausdruck kommt, auf die wiederholte Untersuchung derart einwirken, daß eine objektive Vergleichbarkeit zwischen beiden Untersuchungen nicht mehr zulässig ist. Erinnert sei hier auch an Einflüsse durch Alkohol und Medikamente auf eine thermische Labyrinthreizung. So konnten Scherer u. Holtmann z.B. vermehrt falsch positive Befunde infolge einer toxischen Wirkung von Alkohol sowohl in der An- wie Abflutungsphase beobachten - selbst noch 12 Stunden nach Alkoholeinnahme (1983).

Um diese Störfaktoren auszuschalten bietet sich noch die Möglichkeit an, die Untersuchungen am gleichen Tag - mit einer entsprechenden Pause dazwischen - durchzuführen. Dies erscheint eher ratsam, weil man den Probanden über mehrere Stunden leichter - hinsichtlich bestimmter Störfaktoren - "kontrollieren", z.B. auf einem bestimmten Vigilanzniveau halten kann, als über mehrere Tage oder Wochen.

Gleichzeitig sind aber bei der Festsetzung des Zeitpunktes beider Untersuchungen eventuelle tageszeitliche Variationen in Betracht zu ziehen. Eckel et al. haben hierüber 1963 Untersuchungen angestellt und keine eindeutigen Unterschiede ermitteln können. Sie spülten ihre Probanden zu verschiedenen Tageszeiten auf beiden Ohren mit 10 ml Wasser von 20° C und in einem Abstand von 1/2 Stunde zwischen den Spülungen links und rechts. Was die Schwankungen der Durchschnittswerte über die Tageszeit und das Ausmaß der Streuung betrifft, so lassen sich nach Eckel hierüber keine grundsätzlichen Regeln auf- oder eine gewisse Gesetzmäßigkeit feststellen.

So zeigen z.B. die Werte für die Frequenz abends die geringste Streuung und geringste Seitendifferenz. Interessanterweise beobachten Eckel et al. bei ihren thermischen Untersuchungen auch keine nennenswerten Änderungen in den Nystagmusantworten, hervorgerufen durch Habituation, Ermüdung oder Adap-

tation. Erst häufigere oder schnell hintereinander folgende Reize lassen nach seiner Meinung derartige Effekte zum Durchbruch bringen.

Die hier durchgeführten thermischen Labyrinthprüfungen, einmal im 10 und einmal im 5-Minuten-Abstand, wurden jeweils am Nachmittag bzw. Spätnachmittag durchgeführt. Um Einflüsse auf die zweite Spülung durch Habituation oder andere Kompensationsvorgänge auszuschalten, wurden ungefähr zwei Stunden als Pause zwischen der ersten und der zweiten Labyrinthprüfung festgelegt, während der sich die Probanden in einem Nachbarraum durch Lesen und Spiele beschäftigten und miteinander unterhalten konnten. So konnten sie während des zwei-Stunden-Intervalls auf einem vergleichbaren Vigilanzniveau gehalten werden. Während dieser Zeit wurde der Genuß von Alkohol verboten und die Probanden angehalten, vor der zweiten Untersuchung - wie natürlich ebenso vor der ersten Labyrinthprüfung - nach Möglichkeit nicht zu rauchen. Außerdem wurden bei 50 % der Untersuchungen, also bei 15 Probanden, die 10-Minuten-Untersuchung als erste durchgeführt und bei den restlichen 50 % die 5-Minuten-Untersuchung, um einen statistisch sich möglicherweise niederschlagenden Effekt durch Anpassungsvorgänge auszuschalten.

6. VERSUCHSBESCHREIBUNG

Bei den Probanden handelte es sich durchwegs um gesunde Personen ohne besondere Allgemeinerkrankungen. Etwaige zurückliegende Erkrankungen des Ohres wurden anamnestisch erfragt bzw. ausgeschlossen. Jeder Einzelne wurde zudem noch gespiegelt, um auch gegenwärtige Veränderungen auszuschließen. Bei drei Probanden mußten Cerumen entfernt werden, das den Gehörgang verspernte und den Blick auf das Trommelfell verwehrte.

Die Untersuchungen wurden stets im Liegen durchgeführt in der von Brünings 1911 beschriebenen Weise.

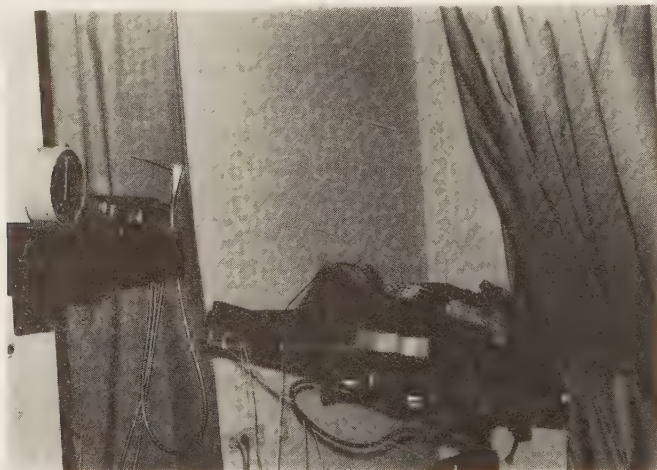


Abb. 5.6. Kippliege mit um 30° hochgestellten Kopfteil (Optimumstellung nach Brünings)

Dazu mußte sich der Proband auf einer um 30° zur Horizontalen geneigten Kippliege niederlegen. Durch diese 30° -Neigung gelangt der laterale Bogengang in eine Vertikalstellung, die nach den Berechnungen und Untersuchungen Brünings eine Optimumstellung für die thermische Labyrinthprüfung darstellt - neben der zweiten Optimumstellung im Sitzen durch Zurückneigen des Kopfes um 60° zur Körperachse.

6.1. Registrierung und Aufzeichnung

Die Registrierung der Reizantwort erfolgte über eine binokuläre horizontale Ableitung mittels eines Ein-Kanal-Schreibers. Durch die Elektrodenanordnung von beiden Augen - in der Mitte die indifferente Elektrode - gelangten nur horizontale Nystagmen zur Aufzeichnung.

Die Registrierung erfolgte jeweils mit geöffneten Augen in Dunkelheit. Die Eichung erfolgte an drei Fixpunkten, die an der Decke angebracht waren. Der mittlere Punkt, auf den die Liege zentriert war, diente der Einstellung für den Geradeausblick. Diesen Punkt fixierte zunächst der Proband, dann ließ man ihn abwechselnd den rechten und den linken äußeren Punkt fixieren, was jeweils einer Deviation um 10° entspricht. Bei rhythmischer Bewegung der Augen in dieser Weise erhält man eine brauchbare Eichkurve (Abb. 5.7.).

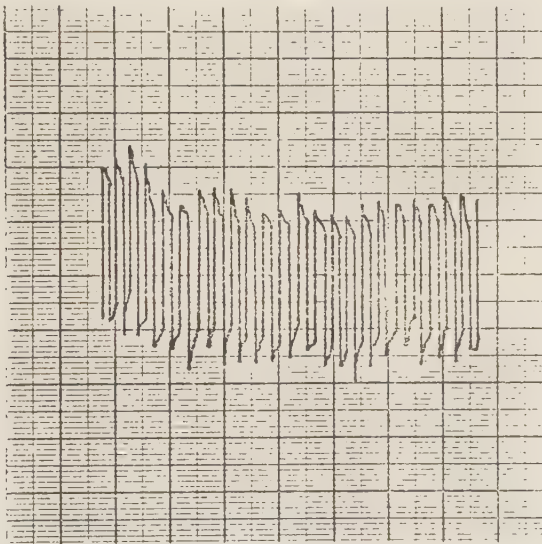


Abb. 5.7. Eichkurve

Der Verstärker ist so eingestellt, daß 10° Winkelgrad etwa 15 mm Schreibanschlag entsprechen.

6.2. Reizapplikation

Danach wurden die einzelnen Spülungen vorgenommen. Es wurde pro Ohr mit einer Wassermenge von rund 60 ccm gespült über eine Dauer von 30 sec. Unmittelbar nach der Spülung wurde der Schreiber wieder eingeschaltet und damit die Auf-

zeichnung aufgenommen. Die Aufzeichnung selbst erfolgte stets über 4 Minuten.

Pro Untersuchung wurden 4 Spülungen durchgeführt, zwei Warm- und zwei Kaltspülungen mit Wassertemperaturen von 44° und 30° C. Die Spülungen erfolgten in der von Scherer und Mulch (1980) durchgeführten Reihenfolge, die eine Änderung der Methode von Fitzgerald/Hallpike (1942) bedeutete, nämlich:

1. Spülung: rechtes Ohr 44° C
2. Spülung: linkes Ohr 44° C
3. Spülung: linkes Ohr 30° C
4. Spülung: rechtes Ohr 30° C

Diese Reihenfolge soll möglichen Einflüssen auf die Reizantworten, die bei sich wiederholenden Nystagmen in die gleiche Richtung auftreten können, vorbeugen.

6.3. Auswertung

Eine sinnvolle elektronystagmographische Auswertung sollte darauf abzielen, eine möglichst eindeutige, analoge Darstellung der elektrisch registrierten Nystagmen auf Grundlage der wichtigsten Parameter zu erarbeiten. Der Informationsgehalt sollte einen Nystagmus dabei bezüglich aller relevanten Kenngrößen erfassen, sowohl rechnerisch wie auch graphisch. Eine eindeutige Aussage über den vestibulären Nystagmus kann sich demnach nicht allein auf die Beschreibung eines einzigen meßbaren Parameters stützen, sondern muß zumindest zwei Kenngrößen als Ausdruck der darstellbaren Nystagmusfunktion erfassen. Diese Überlegungen müssen in die Erarbeitung eines Befundschemas für die Vestibularisprüfung mit einbezogen werden. Eine aus den Meßwerten abgeleitete graphische Darstellung sollte, um dem Ziel einer Dokumentierung gerecht zu werden, ein leicht erfaßbares, aussagekräftiges Bild der Gesamtreaktion wie auch der Einzelreaktionen geben.

Auch etwaige Hinweise auf Untererregbarkeit, Richtungsüberwiegen oder Seitendifferenz sollten der Graphik ohne größere Schwierigkeiten entnommen werden können.

Die von verschiedenen Untersuchern entwickelten Auswerteverfahren in der Elektronystagmographie allerdings zeigen die Diskrepanz in der Auswertungsmodalität thermischer Labyrinthprüfungen bezüglich bestimmter Parameter. Jung (1948), Mittermaier (1954) und Grohmann/Minnigerode (1967) etwa werten die Amplitudensumme als Merkmal für die Stärke einer vestibulären Reaktion. Henriksson (1955/56), v. Egmond/Tolk (1954), Sokolovski (1976) und Reker (1976) ziehen die Winkelgeschwindigkeit der langsamen Phase zur Bewertung des ENG's heran. Claussen (1969) andererseits stützt sich bei seiner Art der Auswertung nur auf die Frequenzbestimmung im Maximumbereich der Reaktion, der auch von Torok (1974) der Vorzug gegeben wird vor dem Parameter SPV. Analog dazu wurden verschiedene Modelle der graphischen Darstellung entwickelt. Bei den Auswerteverfahren, die sich z.B. auf die Frequenz als gültigen Nystagmus-Parameter berufen, sind zwei mehr oder weniger unterschiedliche Befundgraphiken (Claussen 1969/71, Haid/Wigand 1976) zu nennen, die jede für sich den Anspruch der - alleinigen - Gültigkeit erheben.

Im vorliegenden Falle wurde für die Vergleichsuntersuchungen das von H. Scherer u. Hausmann an dieser Klinik entwickelte Auswerte- und Dokumentationsverfahren, die 1976 eingeführte Summationsanalyse, angewendet. Die Auswertung erfolgt dabei über einen Summationswert, in dem Steigung bzw. Winkelwert und Schlagzahl des Nystagmus gleichermaßen erfaßt werden.

Die manuelle Auswertung der ENG's:

Die halbautomatische Nystagmusanalyse erfordert bestimmte apparative Einrichtungen, welche die Aus- und Bewertung koordinieren und objektivieren helfen. Die Abb. 5.8. stellt eine solche Auswertevorrichtung, bestehend aus Auswertetisch, Analysator und x-y-Plotter dar.



Abb. 5.8. Auswertetisch, Analysator u. x-y-Plotter

Auf dem Auswertetisch erkennt man den Papiervorschub, der nach dem Prinzip des EEG-Papiertransporters mit wählbaren Zahnradscheiben arbeitet. Um den Gleichlauf zu sichern, wird die ENG-Kurve unter zwei Plexiglasplatten, die in den Tisch eingeschraubt sind, eingespannt. Zwischen beiden Platten befindet sich der in einen Plexiglasschuber eingearbeitete Winkelmesser mit der Fadenkreuzscheibe. Papiervorschub und Winkelmesser sind direkt mit dem Analysator verbunden. Über den Vorschub wird bei der Auswertung im Analysator der zeitliche Verlauf mitgerechnet.

Zur Auswertung selbst wird die ENG-Kurve zunächst in den Vorschub eingespannt. Der Schnittpunkt des Faden-Kreuz-Winkelmessers wird dann mit dem Fußpunkt der langsamen Phase des ersten erkennbaren Nystagmus und die horizontale Achse des Fadenkreuzes mit dem Verlauf derselben zur Deckung gebracht. (Als horizontale Achse des Fadenkreuzes ist die definiert, welche bei horizontaler Stellung den Winkel 0 Grad im Analysator ausdrückt.)

Der jeweilige Winkelwert wird über einen Knopfdruck in den Analysator eingegeben.

Der hier verwendete Winkelmesser wurde von H. Scherer u. Hausmann (1976) entwickelt (Abb. 5.9.).

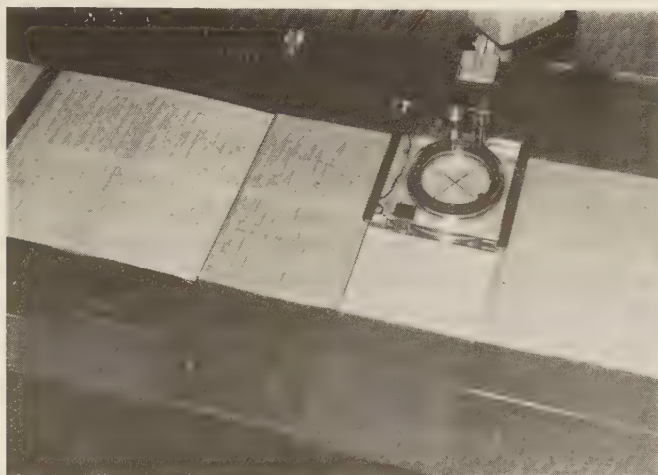


Abb. 5.9. Winkelmesser nach Scherer und Hausmann

Die Abbildung zeigt deutlich das in eine runde gezahnte Plexiglasscheibe eingravierte Fadenkreuz. Über ein Ritzel wird die Winkelstellung des Fadenkreuzes - analog des Nystagmuswinkels - auf ein hochpräzises Potentiometer übertragen. Die Übernahme dieses winkelstellungspotentialen Analogwertes in den Analysator erfolgt mit Hilfe eines Analogdigitalwandlers und steht damit als digitaler Wert für die weitere Verrechnung zur Verfügung. Über die Anzahl der Knopfdrücke geht aber gleichzeitig die Schlagzahl der Nystagmen pro Auswertungsintervall in die Analysatorrechnung mit ein. Im Analysator werden nun sämtliche Winkelwerte (α) mit Hilfe der Tangensfunktion umgerechnet und aufsummiert. Der über den im Analysator eingebauten Drucker ausgegebene Wert N_{si} wird mit einem konstanten Faktor so multipliziert, daß gilt:

$$N_{si} = k \cdot \sum_{t_i}^{t_i+t} \operatorname{tg} \alpha ; \quad i = 1, 2, \dots$$

Mit dem Index "i" wird das laufende Auswertungsintervall bezeichnet und jedem Intervall ein Wert N_{si} zugeordnet. Die Länge

des Auswerte-Intervalls wurde während der Untersuchung auf 5 sec. festgesetzt.

Durch diese Art der Aufsummierung werden - wie bereits erwähnt - Steigung und Schlagzahl und damit indirekt Amplitude und Frequenz als Nystagmusparameter in einem Kombinationssummenwert zur Auswertung herangezogen. Die Beschreibung eines Nystagmus aufgrund eines einzigen Parameters kann als nicht eindeutig angesehen werden. Sie erfordert mindestens die Darstellung zweier Parameter. Die Wiedergabe des Nystagmus-Aktivitätswertes kann hierbei unter Zugrundelegung verschiedener Kombinationsparameter erfolgen. Ein Nachteil dieses Auswertesystems liegt allerdings darin, daß durch die gegebene mathematische Verknüpfung Amplitude wie Dauer des einzelnen Nystagmus einer direkten Auswertung entzogen werden. Die per Knopfdruck am Winkelmesser in den Analysator eingegebenen Winkelwerte der Einzelnystagmen wurden also im 5-Sekunden-Intervall über den Drucker als Summationswert ausgedruckt. Bei einer Registrierzeit von 4 Minuten nach Reizsetzung wurden pro Einzelspülung 48 Summationswerte ausgegeben. Eine komplette Untersuchung mit vier Spülungen lieferte folglich 192 Werte. Gleichzeitig mit dem Summenwert pro Zeitintervall wurde das fortlaufende Intervall und die Schlagzahl ausgedruckt.

Zur weiteren Berechnung wurden die Summenwerte in einen Rechner eingegeben, der folgende Zahlenreihen als gültige und verwertbare Aktivitätsgrößen der Vestibularprüfung berechnete:

Aktivitätssumme	re (44°)	=	$\sum_{1}^{48} N_{si}$	SUMME	44° RE :	3
der Rechtsnystagmen					1845.	
nach Warmspülung re.						

Aktivitätssumme	li (44°)	=	$\sum_{1}^{48} N_{si}$	SUMME	44° LI :	8
der Linksnystagmen					1370.	
nach Warmspülung li.						

Aktivitätssumme li (30°) = $\sum_{i=1}^{48} N_{Si}$ SUMME 30° LI : 997.
 der Rechtsnystagmen
 nach Kaltspülung li.

Aktivitätssumme re (30°) = $\sum_{i=1}^{48} N_{Si}$ SUMME 30° RE : 862.
 der Linksnystagmen
 nach Kaltspülung re.

Aktivitätssumme 1045
 rechtes Ohr re (44° + 30°) = re (44°) + re (30°) 862
 2107

Aktivitätssumme 1370.
 linkes Ohr li (44° + 30°) = li (44°) + li (30°) 997.
 2367.

Nystagmussumme 1845.
 der Rechtsnystagmen N (re) = re (44°) + li (30°) 997.
 2842.

Nystagmussumme 1370.
 der Linksnystagmen N (li) = li (44°) + re (30°) 862.
 2232.

Seitendifferenz SD re. (%) = $\frac{li (44°+30°) - re (44°+30°)}{li (44°+30°) + re (44°+30°)} \cdot 100$

positiv = li. höhere Aktivität

negativ = re. höhere Aktivität

SEITENDIFFERENZ
 3.700827749

Richtungsüberwiegen $RN_{Ri} = \frac{N(li) - N(re)}{N(li) + N(re)}$

positiv = Überwiegen der Links-Ny.

negativ = Überwiegen der Rechts-Ny.

RICHTUNGSÜBERWIEGEN
 -12.02207321

Gesamtreaktion $R_{total} = re(44°) + li(44°) + li(30°) + re(30°)$

GESAMTREAKTION
 5074.

Absolute Differenz $D_{abs.} = li (44°+30°) - re(44°+30°)$

ABSOLUTE DIFFERENZ
 LI. OHR : RE. OHR
 1266.

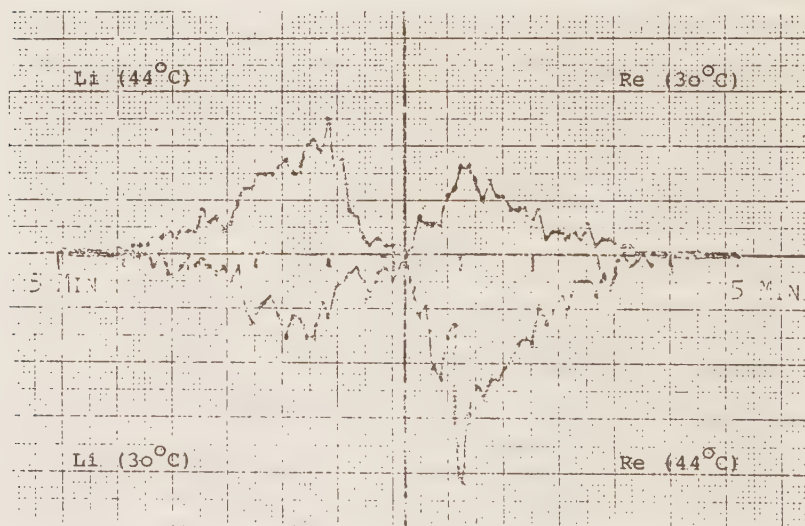
Die nebenstehenden vom Drucker ausgegebenen Werte stehen
 als Beispiel für eine Untersuchung mit 10-Minuten-Spülintervall.

In der Abb. 5.10. ist das dazugehörige Schmetterlingsdiagramm mit der Darstellung des Aktivitätsverlaufs über den Zeitverlauf der Untersuchung wiedergegeben.

6.4. Das Schmetterlingsdiagramm

Während die einzelnen Winkelwerte pro Zeitintervall im Analysator aufsummiert und ausgedruckt werden, wird parallel auf einem im x-y-Plotter eingespannten Untersuchungsbogen - im gleichen Zeitintervall - die der jeweiligen Spülung zugehörige Kurve aufgezeichnet.

Linksnystagmus



Rechtsnystagmus

Abb. 5.10. Das Schmetterlingsdiagramm

Zu diesem Zweck wird der U-Bogen vor der ersten Winkelingabe mit Hilfe eines durch den Schreiber gezeichneten Koordinatenkreuzes in vier Quadranten eingeteilt. Der Reihenfolge der Spülungen und deren Werteeingabe in den Analysator folgend werden die Kurven folgendermaßen eingezeichnet:

1. Spülung re 44°C :re. unterer Quadrant $\rightarrow$ Rechtsnystagmus
2. Spülung li 44°C :li. oberer Quadrant $\rightarrow$ Linksnystagmus
3. Spülung li 30°C :li. unterer Quadrant $\rightarrow$ Rechtsnystagmus
4. Spülung re 30°C :re. oberer Quadrant $\rightarrow$ Linksnystagmus

Diese Form des Schmetterlingsdiagramms hat dabei mit dem ursprünglich von Gorlia (1965) eingeführten Schmetterlingsdiagramm eigentlich nur das Prinzip, die Folge der Spülungen in 4 Quadranten eines Koordinatensystems anzuordnen, gemeinsam. Gegenüber den inzwischen von anderen Seiten eingeführten Darstellungsmethoden (Claussen 1969, Haid u. Wigand 1976, Emami-Nouri 1972) liefert das hier verwendete Diagramm eine einprägsame Darstellung gegebener Reaktionsverhältnisse bei thermischer Labyrinthuntersuchung. Die vorliegende Abbildung des Schmetterlingsdiagramms eines Probanden aus dieser Untersuchung läßt z.B. deutlich und schnell erfaßbar die mit zunehmender Reihenfolge abnehmende Aktivität erkennen. Neben der Gesamtaktivität und der Aktivität der einzelnen Vestibularorgane sind auch leicht Hinweise auf etwaiges Bestehen von Seitendifferenzen oder Richtungsüberwiegen erfaßbar. Außerdem sind die durch manche Diagramme festgelegten Normbereiche mit Vorbehalt zu interpretieren, solange die Normalbereiche nicht präziser definiert und dieselben unterschiedlichen Aktivitätsgrößen zugrundeliegen. Denn solange kein standardisiertes, gültiges und vergleichbares Untersuchungsverfahren entwickelt ist, hat es wenig Sinn, sich auf Zahlenwerte festzulegen, sondern gilt es vielmehr, Tendenzen einer vestibulären Reaktion zu erfassen und als Grundlage von Kontroll-Untersuchungen zu werten.

7. VERSUCHSERGEBNISSE

Um eine etwaige Auswirkung der Pausenlänge auf die thermische Labyrinthprüfung im Liegen explorativ zu erfassen, was vorrangiges Ziel dieser Arbeit war, galt es, zunächst die Aktivität und das Reaktionsverhalten beider Vestibularisprüfungen sowohl als Ganzes wie auch in den Einzelaktivitäten vergleichend darzustellen und die Ergebnisse auf mögliche ursächliche Faktoren und erkennbare Tendenzen hin zu untersuchen. Gestützt auf mehrere, für die Vergleichsuntersuchung gültige mathematische Verfahren, wurde versucht, möglicherweise vorhandene Unterschiede zwischen den Spülungsergebnissen beider Untersuchungsverfahren unter verschiedenen Aspekten vollständig zu erfassen. Neben möglichen Unterschieden in der Gesamtaktivität, den Einzelaktivitäten und der Streubreite beider Verfahren interessierten besonders solche, die mögliche Rückschlüsse auf Einflüsse auf den Spülungsablauf erkennen ließen. Allgemein wurde bei Durchführung der Vergleichsuntersuchungen von bestimmten Arbeitshypothesen ausgegangen, die bekräftigen und untermauern zu wollen das Ziel dieser Arbeit war. Im Mittelpunkt stand die grundsätzliche Annahme, daß die Vestibularisuntersuchung mit Spülungsintervallen von 5 Min. in einem größeren, zum Teil nicht mehr vertretbaren Maße verschiedenen Einflußfaktoren ausgesetzt sei als die Untersuchung im 10-Min.-Spülabstand, was sich in nicht annehmbarer Weise auf die eindeutige Dokumentierung von Nystagmen und deren Reproduzierbarkeit niederschläge.

7.1. Arbeitshypothese

Werden die vier üblichen Spülungen einer thermischen Labyrinthuntersuchung in einem Abstand von 5 Minuten durchgeführt, so gerät man hierbei doch in einen Bereich, wo - zahlreichen Untersuchungen zufolge - noch unkontrollierbare Einflüsse wie Tempe-

raturänderung am Bogengang, Adaptation, Habituation und mögliche Umkehrphänomene in verschiedener Weise wirksam werden können. Sie könnten sowohl in einer Verstärkung als auch Schwächung der registrierbaren Nystagmusantworten resultieren. Die Ergebnisse der Einzelspülungen wie der Gesamtaktivität würden so kein reelles Bild des Reaktionsverhaltens und der Funktionalität untersuchter Labyrinth wiedergeben. Die Einzelaktivitäten wären dadurch auffälligen Aktivitätsschwankungen unterworfen, die auch leicht scheinbar zulässige Diagnosen wie signifikante Seitendifferenz, Richtungsüberwiegen (u.a. zentral ausgelöste Prozesse) entstehen lassen könnten. Gleichzeitig würde aber eine damit verbundene große Streubreite von Nystagmuswerten die gewünschte und für eine klinische Dokumentierung und Diagnostizierung notwendige Erstellung von Normwerten erschweren.

Aufgrund der von Hood/Pfaltz, Henriksson, Lidvall und anderer Untersucher (s.3.4.) durchgeführten Versuche dauert die Habituation - abhängig auch von Art und Ort der Spülung - über mehrere Minuten an, mindestens aber 5 - 10 Minuten. D.h. also, bei einer Verkürzung der Intervallpause auf 5 Min. müßten sich habituelle Prozesse in einem erheblichen Maße in der konsequenten Abnahme der Spülungsaktivitäten bemerkbar machen. Und auch adaptative Prozesse dürften in diesem Zeitraum noch wirksam werden. Außerdem dürften möglicherweise noch bestehende Temperaturänderungen am lateralen Bogengang als Störfaktor wirken. Je nach Art einer im 5-Minuten-Abstand folgenden Spülung - kalt oder warm - müßte sich eine Abnahme oder Zunahme der Aktivität ergeben. Wenn man zudem noch die von einigen Untersuchern (Boenninghaus, Mittermaier und Hamersma) vertretene Phasentheorie (s.3.4.2.) den Überlegungen zugrundelegt, dann müßten auch hierdurch entstehende Störeinflüsse in der Aktivität der Vierer-Spülreihe einer Vestibularisuntersuchung mit 5-Minuten-Intervall erkennbar werden.

Gestützt auf diese Hypothesen dürfte man also - sollten die Ergebnisse die aufgestellten Hypothesen bekräftigen - die Vermutung aussprechen, daß eine Reduzierung der Intervalle zwischen

aufeinanderfolgenden Spülungen bei thermischen Labyrinthprüfungen von 10 auf 5 Minuten nicht mehr zulässig ist, soll die eindeutige Erfassung und Dokumentierung der Funktionalität zweier Labyrinth über die Registrierung von Nystagmen gewährleistet werden.

7.2. Die Gesamtaktivitäten bei thermischen Labyrinthprüfungen mit 10- bzw. 5-Minuten-Spülintervall und deren Vergleich

Die erste Überlegung bei Vergleich beider in der Versuchsbeschreibung dargestellten labyrinthären Untersuchungsverfahren war auf die Frage nach einem möglichen Unterschied in Gesamtreaktion und -aktivitäten beider Untersuchungsreihen gerichtet. In dem Diagramm 7.1.a) und 7.1.b) sind die Gesamtlabyrinthreaktionen aus beiden Versuchsreihen wiedergegeben, dargestellt durch die Nystagmusaktivitäten der einzelnen Labyrinthuntersuchungen aus dem Probandengut für die beiden Untersuchungsverfahren. Dabei wurden die Summenwerte des rechten Ohres, also der Warmspülung rechts und der Kaltspülung rechts, gegen die Nystagmussummenwerte des linken Ohres, der Warm- und Kaltspülung links, aufgetragen. Die Abbildung 7.1.a) stellt die Ergebnisse aus der Untersuchungsserie I mit 10-Minuten-Spülintervall (L 10) und Abb. 7.1.b) dementsprechend diejenigen aus der Untersuchungsserie II mit 5-Minuten-Spülintervall (L5) dar. Beide Serien wurden dabei wie bereits erwähnt im Liegen durchgeführt.

Die Wertepunkte der Serie L 10 lassen eine relativ gleichmäßige Streuung um einen ebenfalls relativ schmalen Wertebereich erkennen.

Die analogen Wertepunkte der Serie L 5 dagegen weisen eine offensichtlich unregelmäßigere, breitere Streuung auf.

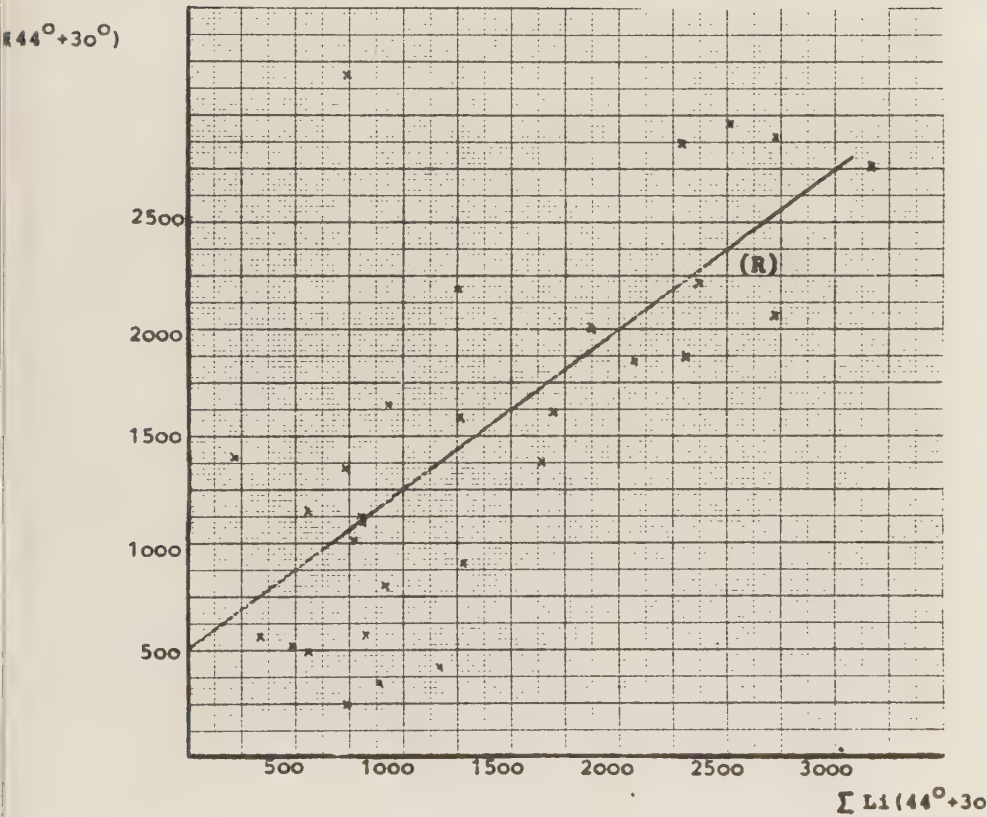


Abb. 7.1.a) Nystagmusaktivitäten der Labyrinth
bei thermischer Prüfung mit 10-Min.-Spülintervall (L 1
(R) = Regressionsgerade

$\sum Re (44^{\circ} + 30^{\circ})$

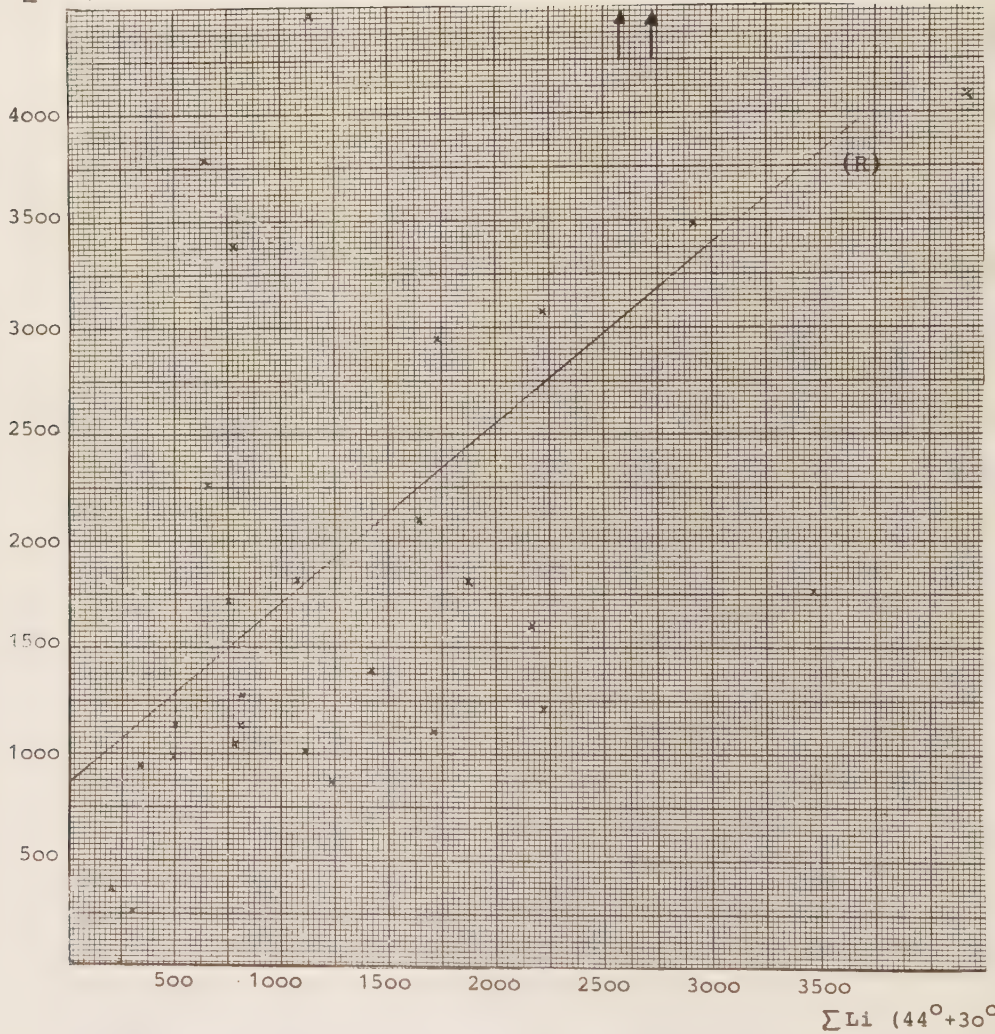


Abb. 7.1.b) Nystagmusaktivitäten der Labyrinth bei thermischer Prüfung mit 5-Minuten-Spülintervall (L 5)

(R) = Regressionsgerade

Deutlicher wird dies, wenn man die 45° -Symmetrielinie in beide Diagramme einträgt (Abb. 7.1.c und 7.1.d). So bleibt die relativ gleichmäßige Streuung der Wertepaare um die Ideal-Symmetrielinie in L 10 erkennbar mit einer geringen, tendenziellen Verlagerung der Werte nach oben zur y-Achse hin. Dies läßt auf eine insgesamt leicht erhöhte Gesamtaktivität rechts gegenüber links schließen.

($44^{\circ}+30^{\circ}$)

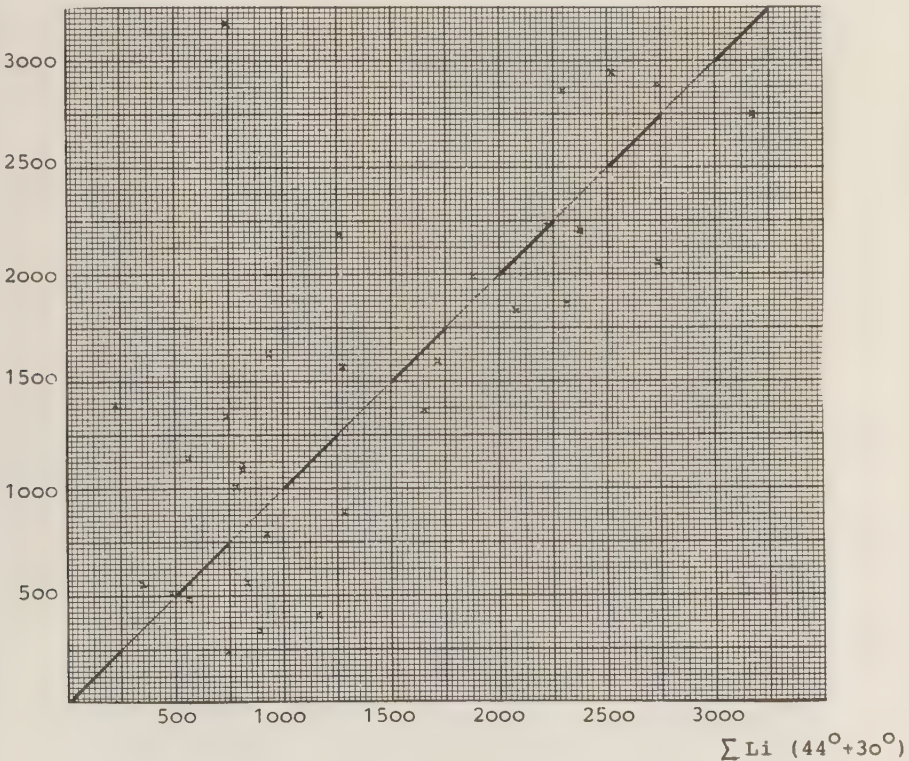


Abb. 7.1.c) Das Symmetrieverhalten der Vestibular-
organe in L 10

In Abb. 7.1.d) hingegen ist diese tendenzielle Verlagerung eindeutig stärker ausgeprägt, verbunden mit einer Neigung zu wesentlich höheren Werten und einer sich daraus ergebenden breiteren Streuung. Die in Serie L 5 gewonnene Gesamtdurchschnittsaktivität liegt mit einem Wert von 3.494 auch um etwa 20 % über der aus Serie L 10 mit einer Gesamtdurchschnittsaktivität von 2.847.

$\sum Re (44^{\circ} + 30^{\circ})$

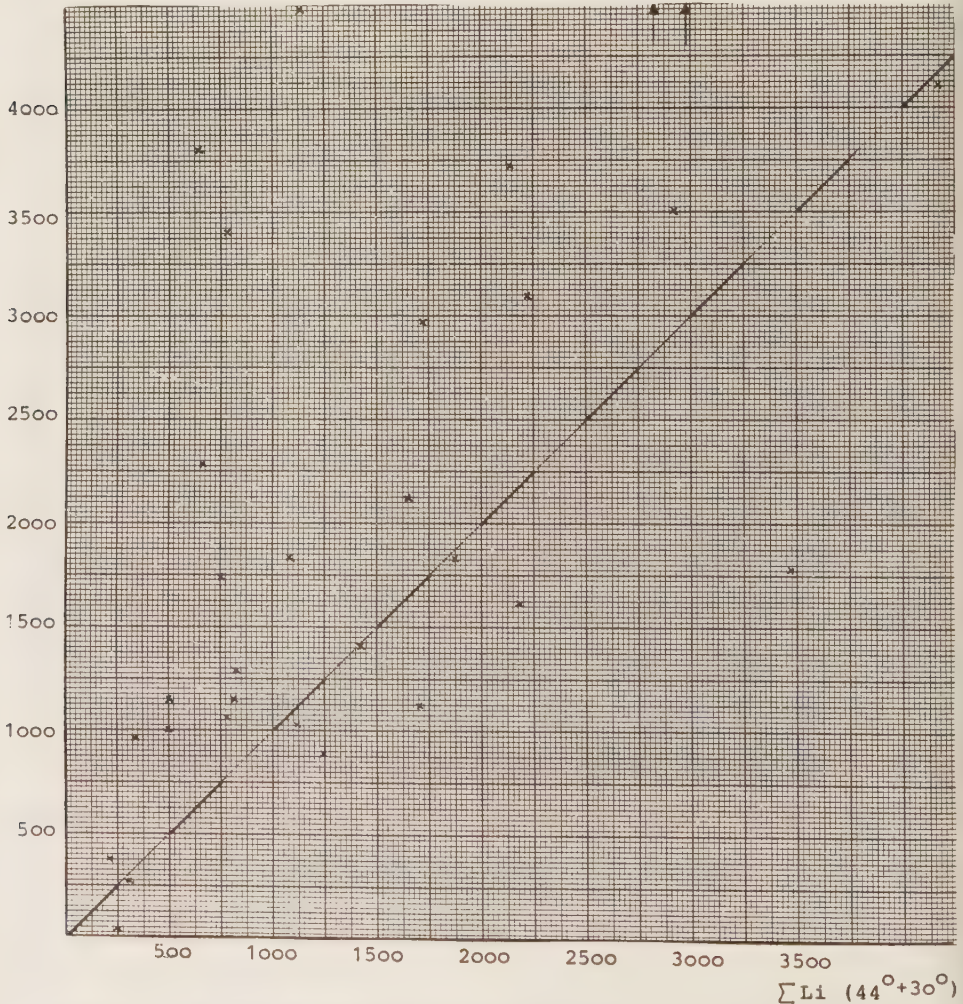


Abb. 7.1.d) Das Symmetrieverhalten der Vestibularorgane in L 5

Der Streubereich in Serie L 70 liegt in dem Gesamtaktivitätsbereich unterhalb eines Aktivitätswertes von etwa 3.000. In den Untersuchungen mit 5-Minuten-Spülintervall ergibt sich dagegen eine Streubreite bis zu einer Nystagmusaktivität von 5.000 und mehr. Ein anschauliches Bild des differenten Verhaltens beider Serien bezüglich der Schwankungsbreite einzelner Labyrinthaktivitäten - innerhalb ein- und derselben Labyrinthuntersuchung - rechts und links geben die Abbildungen 7.2.a) und 7.2.b).

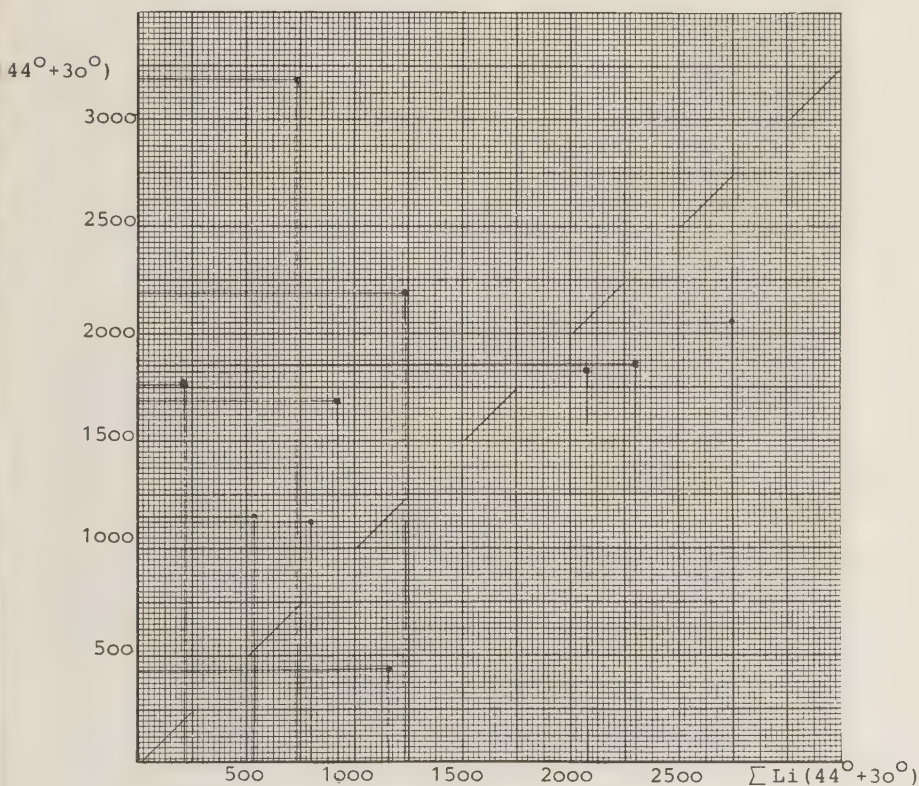


Abb. 7.2.a) Beispiele für die maximale Nystagmusaktivitäts-Differenz re. Ohr/li. Ohr innerhalb Untersuchungen mit 10 Minuten Spülabstand

$\Sigma \text{Re}(44^{\circ}+30^{\circ})$

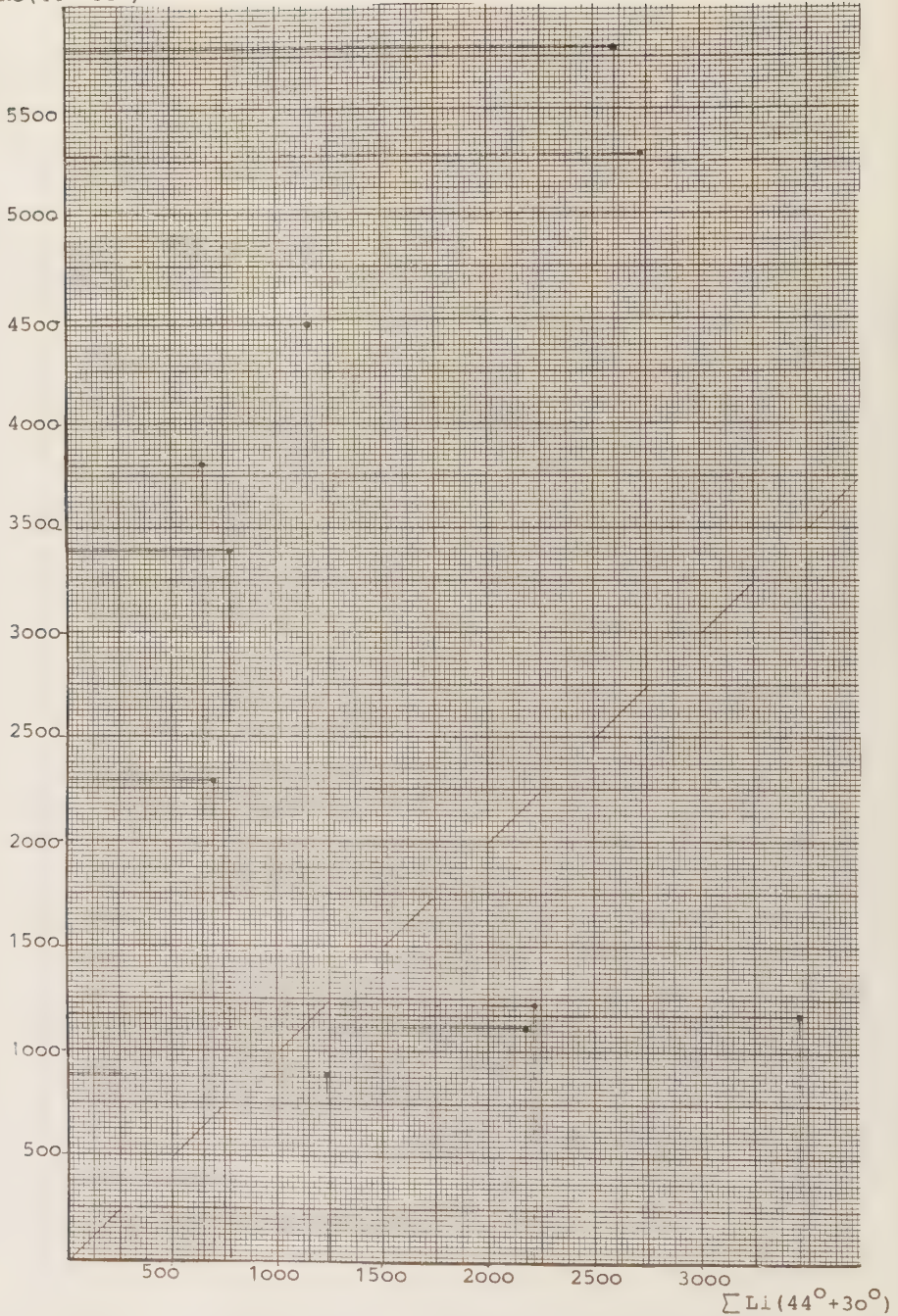


Abb. 7.2.b) Beispiele für die max. Ny.-Aktivitäts-Diff.
re.Ohr/li.Ohr innerhalb Untersuchungen mit
5 Min. Spülabstand

Auffallend ist zunächst wieder die in Serie L 5 offensichtlich größere Gesamtaktivität der Labyrinthreaktionen. 26 % der Untersuchten erreichten in L 5 rechts eine Gesamtaktivität mit einem Wert größer 3.000 (bis zu 6.000). In L 10 hingegen wurde nur bei einem einzigen Probanden rechts ein Nystagmus-Aktivitätswert von etwa 3.200 registriert. Gleichzeitig - und vielleicht noch auffälliger - aber sticht die Diskrepanz in der Labyrinthaktivität zwischen linkem und rechtem Ohr in beiden Untersuchungsverfahren (L 5 und L 10) hervor. In Abb. 7.2.b) läßt sich für die Untersuchungsreihe L 5 wieder eine deutlich überwiegende Verlagerung der Nystagmus-Gesamtaktivitätswerte nach links oben, also nach vertikal, erkennen.

Der Großteil der Untersuchten - etwa 70 % - in L 10 pendelt in der Gesamtaktivität rechts zwischen einem Wert von 1.000 bis 3.000. Und auch etwa 50 % der Werte für die Gesamtaktivität links der Untersuchten in L 10 verteilen sich in dem gleichen Wertebereich. Daraus erklärt sich auch die relativ gleichmäßige Streuung der Wertepaare um die Idealsymmetrielinie. Den 26 % der Probanden in L 5 mit einer Gesamtaktivität rechts größer 3.000 dagegen steht bezüglich der Gesamtaktivität links (mit einem Wert größer 3.000) nur ein Prozentsatz kleiner 4 % gegenüber. Daraus kann bereits auf eine hohe Streubreite für den Aktivitätsunterschied rechts und links allein innerhalb einer einzigen 5-Minuten-Labyrinthuntersuchung geschlossen werden.

In L 5 zeigten außerdem 30 % der Untersuchten innerhalb einer thermischen Labyrinthprüfung Aktivitätsunterschiede zwischen rechts und links von mehr als 100 %. Zum Teil beliefen sich diese sogar bis auf 300 und 400 %. In der Serie L 10 wiesen nur zwei der Probanden während der Prüfung Aktivitätsunterschiede von mehr als 100 % auf.

Ein analoges Bild von den Aktivitätsverhältnissen rechts und links in beiden Untersuchungsverfahren spiegelt sich in der Berechnung einiger statistischer Grundwerte, des Mittelwertes und

der Standardabweichung wieder. So berechnen sich aus den Untersuchungen mit 10-Minuten-Spülintervall folgende Mittelwerte:

$$\begin{aligned} \frac{1}{30} \text{ re } (44^{\circ} + 30^{\circ}\text{C}) &= 1.496,63 \\ \text{bzw. } \frac{1}{30} \text{ li } (44^{\circ} + 30^{\circ}\text{C}) &= 1.350,20 \end{aligned}$$

und die Werte für die Standardabweichung s:

$$\begin{aligned} s_{\text{re}} &= 860,74 \\ s_{\text{li}} &= 825,60 \end{aligned}$$

Die nahe beieinanderliegenden Mittelwerte - es besteht ein mittlerer Aktivitätsunterschied von 10,8 % - entsprechen der aus dem Diagramm 7.1.a) und 7.2.a) erkennbaren relativen Symmetrie der Aktivitätswerte für das rechte und linke Ohr. Für die Mittelwerte aus den Untersuchungen mit 5-Minuten-Intervall errechneten sich folgende Aktivitätswerte:

$$\begin{aligned} \frac{1}{30} \text{ re } (44^{\circ} + 30^{\circ}\text{C}) &= 2.064,9 \\ \text{bzw. } \frac{1}{30} \text{ li } (44^{\circ} + 30^{\circ}\text{C}) &= 1.428,8 \end{aligned}$$

und Standardabweichungen von

$$\begin{aligned} s_{\text{re}} &= 1.483,2 \\ s_{\text{li}} &= 1.015,7 \end{aligned}$$

Hieraus ergibt sich grundsätzlich ein deutlicher Aktivitätsunterschied bei Durchführung beider Untersuchungsverfahren. Trotz der schon bei 5-Minuten-Intervall-Spülungen gegebenen, zum Teil ausgeprägten Aktivitätsunterschiede re. und li. liegt der Wert für die mittlere Aktivität links mit 1.428,8 noch zwischen den Schlagzahlwerten für die mittlere Aktivität rechts und links in L 10. In den wesentlich größeren Standardabweichungen re. und li. in L 5 findet auch die mit dem in L 5 beobachtbaren differierenden Reaktionsverhalten beider Labyrinth verbundene größere Streubreite ihren Niederschlag.

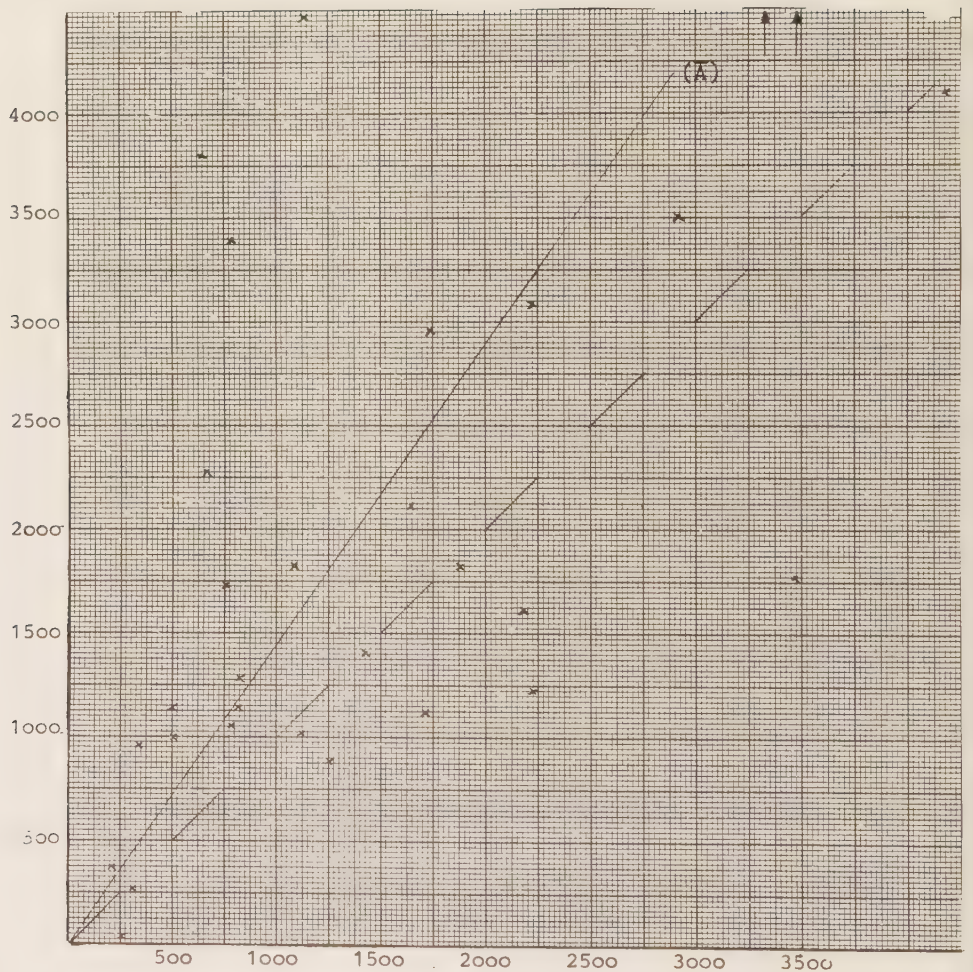
Damit verbunden ist ein sich ergebender mittlerer Aktivitätsunterschied zwischen rechts und links von 44,5 % in L 5 und verglichen mit einem mittleren Aktivitätsunterschied von 10,8 % in L 10.

Stellt man nun in den beiden Diagrammen für die Gesamtaktivitäten rechts und links die "mittlere Aktivität" $\bar{A}$ graphisch dar und setzt sie in Beziehung zu einer Idealsymmetrielinie von 45° , dann wird für die Untersuchungen mit kürzerem Spülintervall (Abb. 7.3.a) eine bereits beobachtete Tendenz zu höheren Werten mit einer ausgeprägten Verlagerung der mittleren Aktivität zur y-Achse, also nach rechts, erkennbar.

Für das längere Untersuchungsverfahren L 10 (Abb. 7.3.b) ist die Verlagerung nach rechts zur y-Achse wesentlich vermindert und $\bar{A}$ der 45° -Ideallinie deutlich angenähert.

Ist diese Darstellung der "mittleren Aktivität" in 7.3.a) und 7.3.b) auch nur beschränkt zulässig für eine statistische Auswertung - es gehen die Einzelwerte und deren Streuverhalten nicht in die Darstellung mit ein -, so bleibt doch die Tendenz eines unterschiedlichen Reaktionsverhaltens in beiden Untersuchungsverfahren erkennbar.

$\Sigma \text{Re}(44^{\circ} + 30^{\circ})$



$\Sigma \text{Li}(44^{\circ} + 30^{\circ})$

Abb. 7.3.a) Die mittlere Aktivität($\bar{A}$) in graphischer Darstellung bei thermischer Labyrinthprüfung mit 5 Minuten Spülintervall

Re($44^{\circ}+30^{\circ}$)

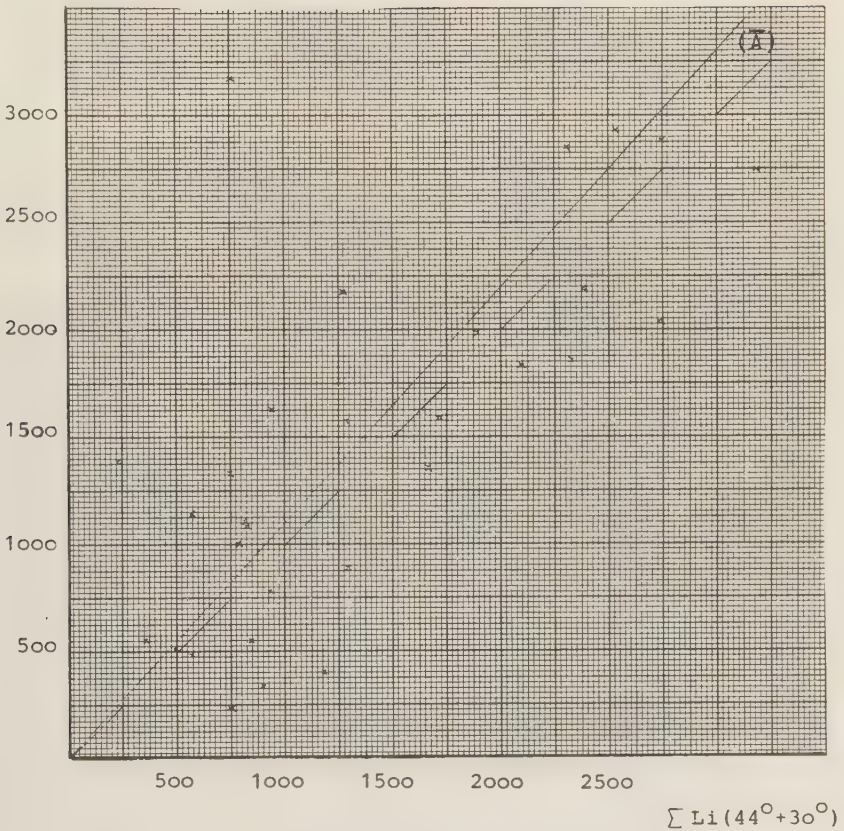


Abb. 7.3.b) Die mittlere Aktivität ($\bar{A}$) in graphischer Darstellung bei thermischer Labyrinthprüfung mit 10 Minuten Spülintervall.

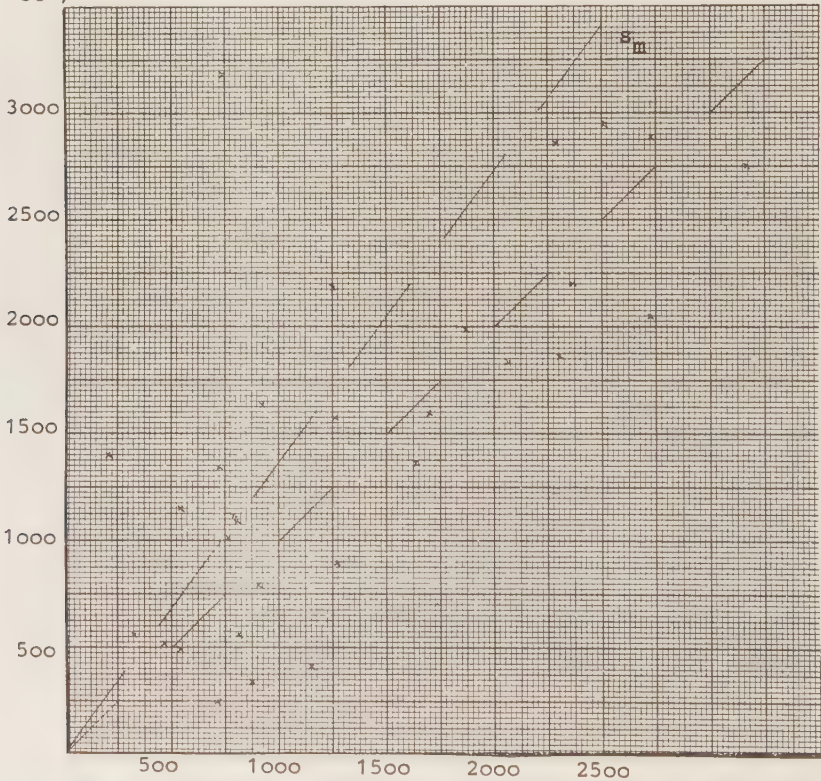
Eine gültigere und reellere Darstellungsweise ergibt sich erst aus der Berechnung der mittleren Symmetrieabweichung. Dabei wurde für die einzelnen Werte die Abweichung von einem theoretisch zu wünschenden Symmetrieverhalten berechnet

und der Summenwert gemittelt. Nach der dafür errechneten Formel der mittleren Symmetrieabweichung

$$S_m = \frac{1}{30} \arctan \sum_{n=1}^{30} \frac{y_n}{x_n}$$

errechnet sich für L 10 ein mittlerer Winkel von 54° . Das entspricht einer Abweichung von etwa 20 % von einem theoretisch zu fordernden mittleren 45° - Wert.

$\sum Re(44^\circ+30^\circ)$



$\sum Li(44^\circ+30^\circ)$

Abb. 7.4.a) Die mittlere Symmetrieabweichung s_m im Seitenverhalten der Labyrinth (re Ohr/li Ohr) in L 10

Für L 5 ergibt sich ein Winkelwert von $S_m = 60^\circ$, gleich einer Abweichung von 33,3 %. Es bleibt also in beiden Fällen eine Restaktivität rechts, die aber in L 5 um 13,8 % über der in L 10 ermittelten prozentualen mittleren Abweichung liegt.

Re ($44^\circ + 30^\circ$)

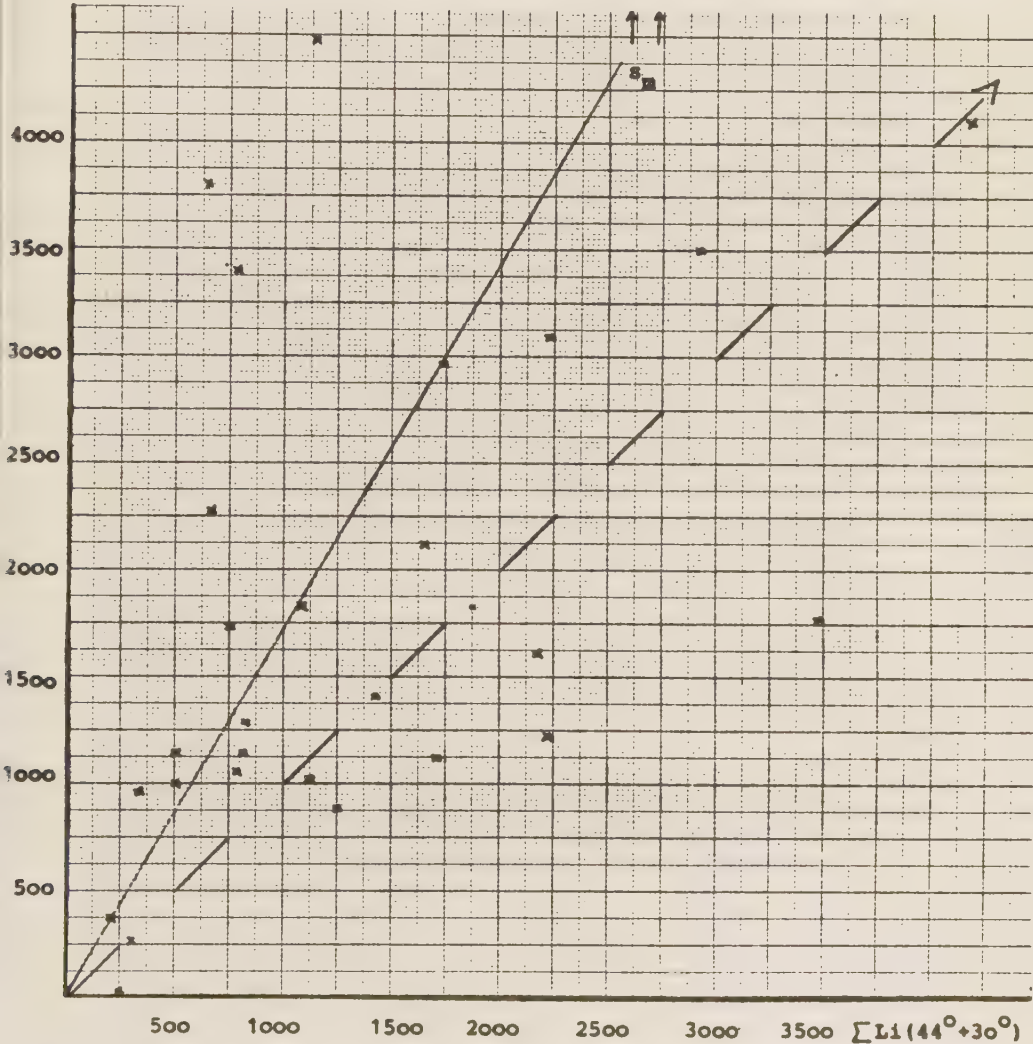


Abb. 7.4.b) Die mittlere Symmetrieabweichung s_m im Seitenverhalten der Labyrinth (re.Ohr/li.Ohr) in L_5

Die graphische Darstellung zeigt, daß die Tendenz zu einem Überwiegen der Gesamtaktivität rechts in beiden Fällen wesentlich stärker ausgeprägt ist als die - eigentlich statistisch nicht zulässige - Darstellung der mittleren Aktivitäten vermuten ließ (Abb. 7.4.a und 7.4.b).

Die aus den Vergleichsuntersuchungen beider vestibulären Prüfungsverfahren bezüglich der Gesamtaktivitäten rechts und links sich abzeichnenden Tendenzen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Bei der thermischen Vestibularuntersuchung mit 5-Minuten-Spülintervall (L 5) werden allgemein höhere Gesamtaktivitätswerte für rechtes ($re.44^{\circ}+30^{\circ}$) und linkes Ohr ($li.44^{\circ}+30^{\circ}$) registriert als in vergleichbaren Untersuchungen mit 10-Minuten-Intervall (L 10): Sie liegen im Durchschnitt um 20 % höher.
2. Auffallend ist eine in L 5 deutlich sich darstellende ungleichmäßige und breite Streuung der Werte: Während einer Vestibularprüfung lassen sich keineswegs selten Aktivitätsunterschiede zwischen linkem und rechtem Ohr von bis zu 300 und 400 % finden.
3. Insgesamt zeigen sich bei Untersuchungen mit 5-Min.-Spülintervall am rechten Ohr gegenüber dem linken Ohr auffallend erhöhte Gesamtaktivitäten.
4. Bei den Prüfungen mit 10-Minuten-Spülintervall ist eine weitgehend gleichmäßige und konstante Streuung der Gesamtaktivitäten re.Ohr/li. Ohr innerhalb eines begrenzten Wertebereichs beobachtbar.

Angesichts der hier bei den ersten Vergleichsuntersuchungen sich bereits abzeichnenden Tendenzen stellt sich die Frage, welches Verfahren eher den allgemein zu fordernden Kriterien eines Routineverfahrens gerecht zu werden vermag. Legt man neben den zu fordernden Kriterien der Eindeutigkeit, Reproduzierbarkeit und Allgemeingültigkeit auch die Forderung einer notwendigen Normierung zugrunde, dann dürften die bisherigen Ergebnisse aus beiden Untersuchungsverfahren mehr zugunsten des ersteren mit 10-Minuten-Spülintervall sprechen.

Der sehr weit gespannte "normale" Verteilungsbereich und die Schwankungsbreite der Gesamtaktivitäten rechts und links des zweiten Verfahrens stellen sich gewissen Normierungsbemühungen und -forderungen eher entgegen.

Um objektivere Aussagen über das Rechts- und Linksverhältnis machen und fundierte Hypothesen aufstellen zu können, dürfen nicht allein die Gesamtaktivitäten rechts und links und das Reaktionsverhalten allgemein, sondern im besonderen auch die Seitendifferenzverhältnisse in L 10 und L 5 einem kritischen Vergleich unterzogen werden.

7.3. Die Seitendifferenzverhältnisse in L 10 und L 5 und deren Vergleich

Ein signifikantes Maß für ein möglicherweise vorhandenes Überwiegen der Aktivitäten am rechten oder linken Ohr stellt eine Wiedergabe der Seitendifferenzverhältnisse in L 5 und L 10 dar. Der Berechnung der Seitendifferenz SD wurde dabei die von Jongkees vorgeschlagene und nach den Standardisierungsvorschlägen von Henriksson et al. (1972) modifizierte Formel

$$SD = \frac{a - b}{a + b} \cdot 100 (\%), \quad \begin{aligned} a &= \sum li(44^{\circ} + 30^{\circ}) \\ b &= \sum re(44^{\circ} + 30^{\circ}) \end{aligned}$$

ein Relativwert, zugrundelegt. a steht für die Gesamtaktivität

tät des linken Ohres li ($44^{\circ} + 30^{\circ}$), b für die Gesamtaktivität des rechten re ($44^{\circ} + 30^{\circ}$). Bei Rechtsüberwiegen resultiert folglich ein Negativwert, bei Überwiegen der Reaktionen des linken Ohres ein positiver Wert.

Nach den bisher in beiden Untersuchungsreihen erkennbaren Tendenzen müßte sowohl für L 10 als auch für L 5 ein Rechtsüberwiegen vorliegen, im letzteren Fall aber etwas stärker ausgeprägt. In den Abb. 7.5. a) u. b) sind die für die einzelnen Vestibularisprüfungen errechneten Seitendifferenzen entsprechend ihrem Wert - bei Rechtsüberwiegen negativ, bei Linksüberwiegen positiv - in das Histogramm eingetragen.

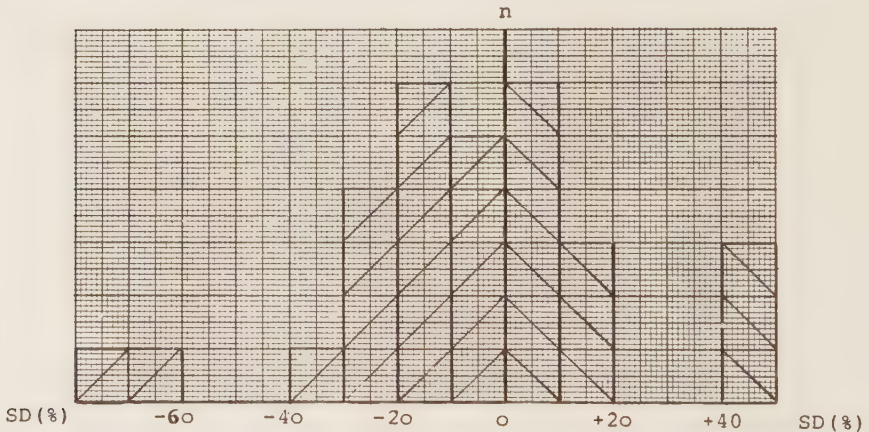


Abb. 7.5.a) Die Seitendifferenz-Werte für die thermische Labyrinthprüfung mit 10 Minuten Spülintervall

In L 10 fällt eine Konzentrierung der Werte in dem Wertebereich von -20 bis +20 auf, verbunden mit einer relativ symmetrischen Verteilung der SD-Werte um den Nullwert. Insgesamt ist diese Verteilung aber zugunsten eines geringen Rechtsüberwiegens der Gesamtaktivitäten verschoben. Die SD-Werte für die in L 10 Untersuchten streuen hauptsächlich in dem besagten Bereich von -20 bis +20 (%), d.h. etwa 70 % der Untersuchungswerte. Und mehr als 80 % der Werte liegen noch

zwischen einem SD-Wert von -30 und +20 (%). Hervorstechend im Diagramm 7.5.a) sind aber auch einige Extremwerte zwischen -60 und -70, bzw. zwischen +40 und +50. Angesichts der hohen Werte ist man sicher geneigt, diese zunächst als im starken Maße pathologisch einzustufen, wobei dies - selbst im Rahmen eines allgemein in L 10 geringen beobachtbaren Rechtsüberwiegens der Aktivitäten - für die Werte zwischen -70 und -60 wahrscheinlich zutreffen mag, für die Werte von +40 und +50 aber nicht von vornherein postuliert werden darf.

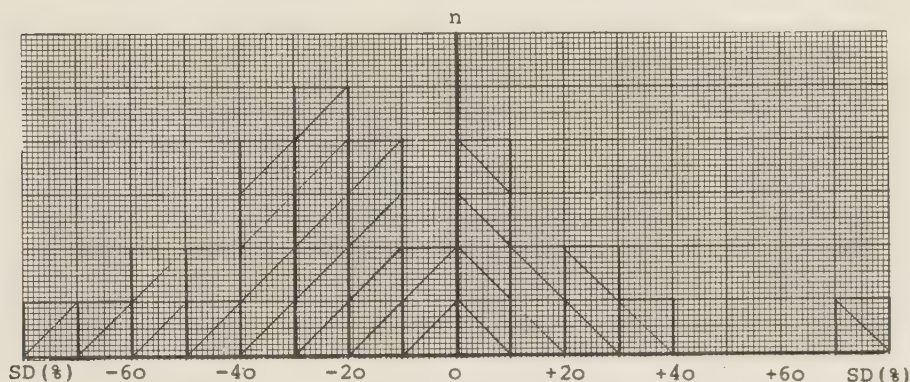


Abb. 7.5.b) Die Seitendifferenz-Werte für die thermische Labyrinthprüfung mit 5 Minuten Spülintervall

In der Abbildung 7.5.b) ist - entsprechend den Ergebnissen aus dem Untersuchungsverfahren L 5 - das Überwiegen der Gesamtaktivitäten rechts insgesamt sichtlich stärker ausgeprägt als in L 10. So konzentrieren sich etwa 70 % der SD-Werte in einem Bereich von -40 bis +10. (Während der entsprechende Anteil, ebenfalls etwa 70 %, in L 10 zwischen -20 und +20 (%) zu liegen kommt.) Verbunden mit diesem Überwiegen der Rechtsaktivitäten ist aber gleichzeitig eine breitere Streuung der SD-Werte in L 5 zu beobachten. So erreichen in L 5 nahezu 50 % der Untersuchten SD-Werte von -20 bis -70, während in L 10 nur etwa 20 % diesem Extrembereich entsprechen und auch bei den Werten mit Linksüberwiegen ist in L 5 eine breitere Streuung beobachtbar als in L 10.

Diese Beobachtungen lassen eine Bestätigung erkennen, legt man Mittelwert und Standardabweichung als statistische Größen als weiteren Vergleichsmaßstab zugrunde. In der folgenden Tabelle sind diese Größen für beide Versuchsreihen angegeben:

	L 10	L 5
$\overline{SD}$	- 5,6	- 14,6
s_{SD}	27,3	31,0

Der SD-Mittelwert für L 10 liegt mit -5,6 relativ nahe einem bei symmetrischer Aktivität links und rechts zu fordernden SD-Wert von Null. Der Mittelwert von L 5 hingegen deutet die Verschiebung der Gesamtaktivitäten nach links zu höheren Werten am rechten Ohr an. Außerdem weisen die unterschiedlichen Werte für die Standardabweichung in L 10 und L 5 auf eine breitere - bereits aus den Diagrammen erkennbare - Streuung der SD-Werte in L 5 hin.

Zusammenfassend läßt sich also in beiden Untersuchungsreihen (L 10 und L 5) bei Beurteilung der Seitendifferenzen ein Überwiegen der Gesamtaktivitäten rechts erkennen. Bei den Untersuchungen mit 10 Minuten Spülabstand tritt es nicht sehr auffällig hervor, der Mittelwert weicht nur gering vom neutralen Wert Null ab. Anders in den kürzeren 5-Minuten-Untersuchungen, wo allein aus dem Diagramm schon eine eindeutige Betonung der Rechtsaktivitäten erkennbar ist. Dabei stellt sich aber gleichzeitig die Frage, gerade angesichts der in L 5 breiter gefächerten Streuung, ob SD-Werte von -40 und mehr bereits schon in die Gruppe pathologischer Werte oder noch "normaler Extremwerte" einzustufen sind. Nach den Ergebnissen von L 5 scheinen selbst Extremwerte von -40 noch als "normal" einstuftbar. Und auch in L 10 sind Seitendifferenzen von -20 oder +20 noch kei-

neswegs als eindeutig pathologisch zu werten. Das heißt also, ist zum einen ein Normalbereich von - bis +20 (%), auf den man sich an deutschen Kliniken als Richtwert in etwa geeinigt hat, nicht zu eng gesetzt. Bei der "normal" großen Schwankungsbreite der Aktivitäten rechts und links erscheint es schwer, einen für ein Routineverfahren notwendigen Normbereich festzusetzen, was aufgrund der Tatsache, daß es sich hier um ein äußerst empfindliches, komplexes Regelungsorgan handelt, nicht verwundern darf. Zum anderen ist aber auch zu überlegen, ob - legt man die Mittelwerte für die Seitendifferenzen in L 10 und L 5 zugrunde - der Normalbereich für die SD-Werte nicht allgemein mehr in den negativen Bereich verschoben ist, also grundsätzlich am Gleichgewichtsorgan ein Überwiegen der Aktivitäten rechts zu postulieren ist. Dies würde voraussetzen, daß beide Labyrinth - rechts und links - physiologischerweise nicht exakt symmetrisch arbeiten und reagieren, dieses Differenzverhalten oder Ungleichgewicht aber durch übergeordnete zentrale Prozesse normalerweise voll kompensiert ist. So ist ja auch aus der Klinik bekannt, daß z.B. einseitige Labyrinthausfälle fast vollständig kompensierbar sind und oft nur in Extremfällen eine pathologische Symptomatik diagnostiziert werden kann. Damit legt man also die Hypothese zugrunde, daß die Unterschiede in den Gesamtaktivitäten beider Labyrinth rechts und links - mit einer Betonung der Gesamtaktivitäten rechts - aber gewisse physiologische Grenzen nicht überschreiten. Verständlicher ausgedrückt, bei ein und derselben Versuchsperson wäre eine Streuung der Seitendifferenzwerte in einem begrenzten Maße physiologisch begründbar, aber eine offensichtliche Umkehr der Seitendifferenzwerte, vom Negativen zum Positiven im Laufe zweier thermischer Untersuchungen etwa, nicht haltbar, will man dem asymmetrischen Aktivitätsverhalten der Labyrinth eine physiologische, labyrinthäre Ursache zugrundelegen. In den Abbildungen 7.6. a)-c) nun wurden die Aktivitätsänderungen der einzelnen Probanden von L 10 auf L 5 exemplarisch gegenübergestellt, um das Seiten-Aktivitätsverhalten der

Labyrinth zu untersuchen. Vergleicht man die Seitendifferenzwerte in L 10 und L 5 der einzelnen Probanden, so lassen sich drei Tendenzen bezüglich der SD-Änderungen von L 10 auf L 5 erkennen.

$\sum Re (44^{\circ} + 30^{\circ})$

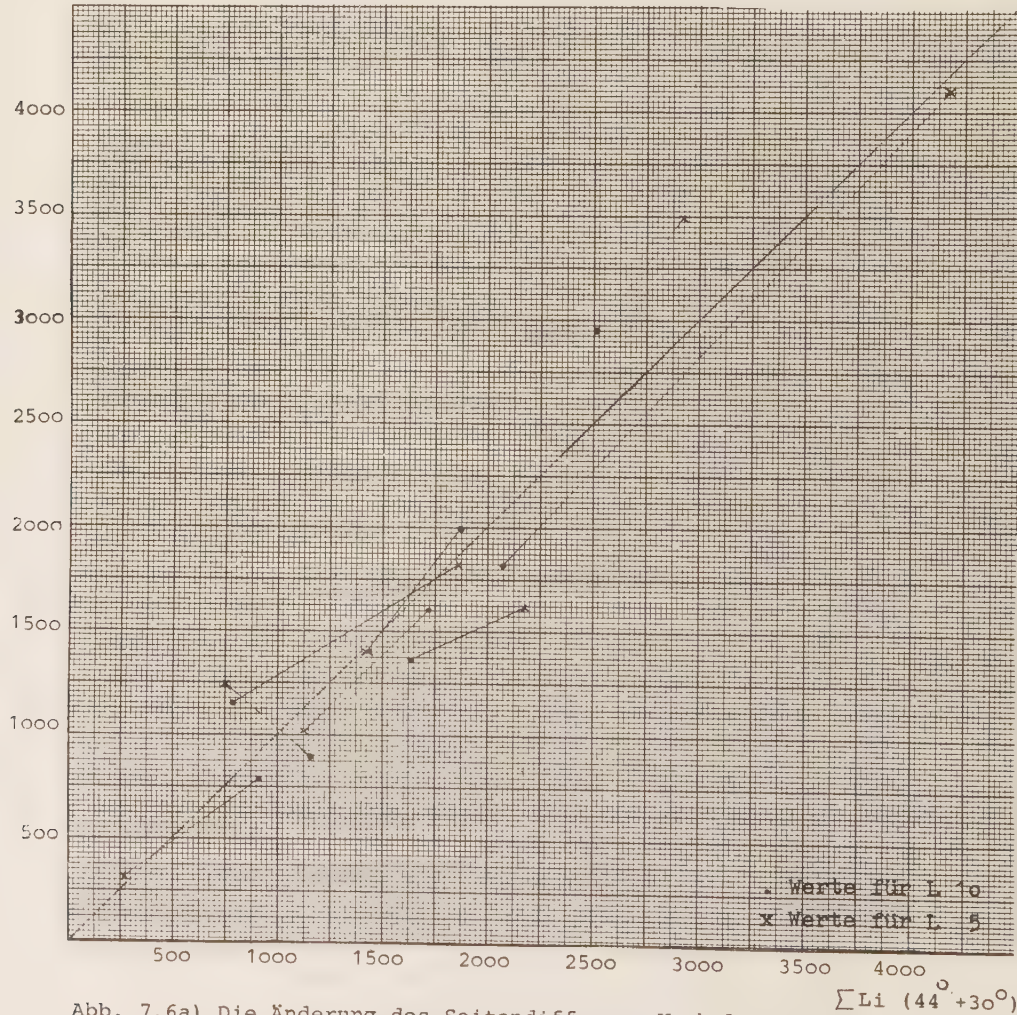


Abb. 7.6a) Die Änderung des Seitendifferenz-Verhaltens der Vestibularorgane von L10 auf L5 in beiden Untersuchungsreihen:

a) sog. Parallelverschiebung

($44^{\circ}+30^{\circ}$)

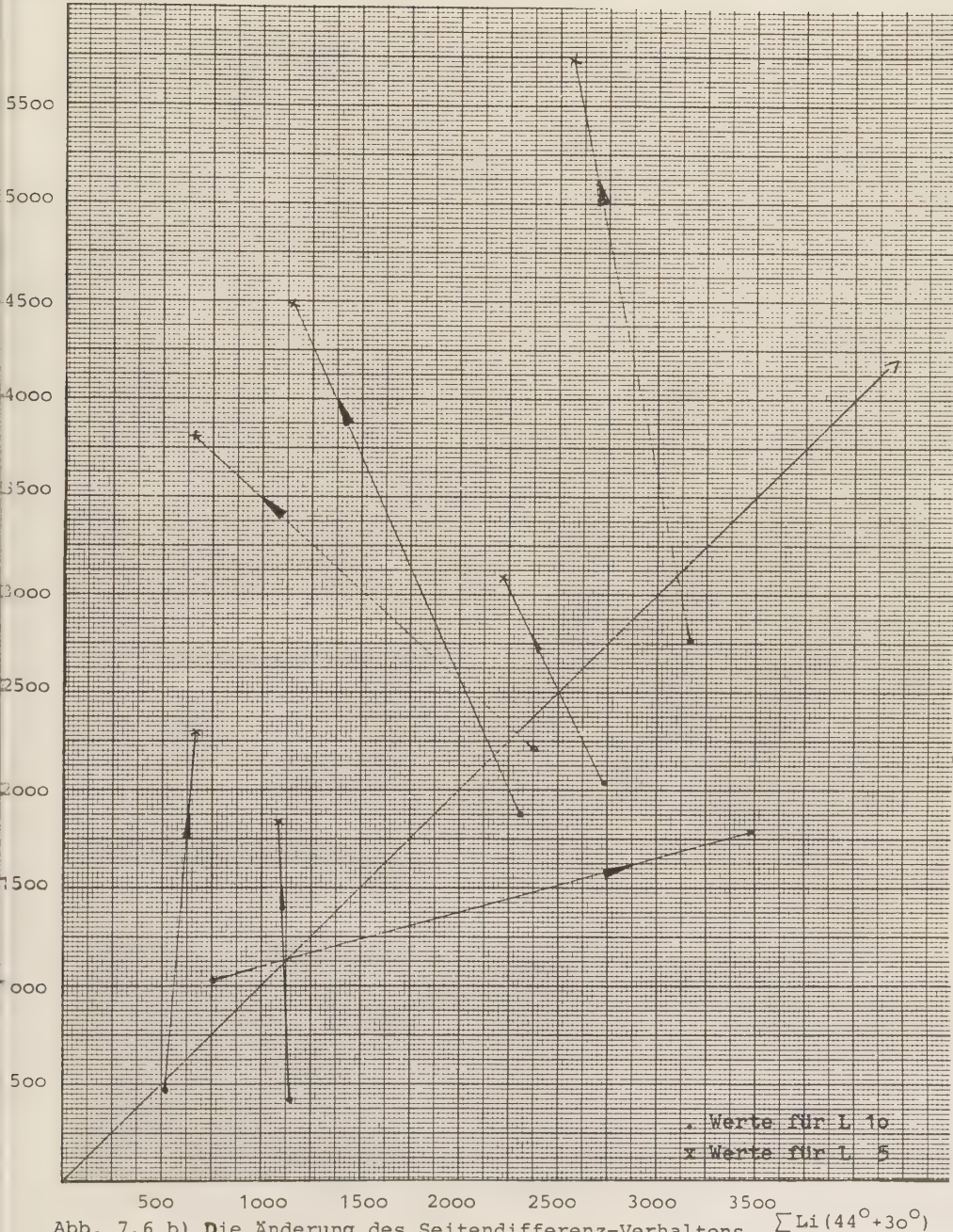


Abb. 7.6.b) Die Änderung des Seitendifferenz-Verhaltens der Vestibularorgane von L10 auf L5 in beiden Untersuchungsreihen:
b) sog. Seitendifferenzwechsel

Bei einem Großteil der Probanden finden sich für den Normalfall zu fordernde Seitendifferenzwerte in L 10 und L 5 in einem Wertebereich von -10 bis +10 (%). Graphisch stellen sich diese Schwankungen in einer Verschiebung der Summenaktivitätswerte weitgehend parallel einer theoretisch zu fordernden Symmetrielinie dar. So zeigen neun der Probanden in beiden thermischen Untersuchungen nahezu konstante Labyrinthaktivitäten rechts und links mit einem durchschnittlichen SD-Wert-Unterschied von +/- 3 % (Abb. 7.6.a: sog. Parallelverschiebung). Dementsprechend liegen fast alle SD-Werte in dem Normbereich von -15 bis + 15 (%). Nur einer der neun Probanden zeigt geringste SD-Schwankungen in einem erhöhten SD-Bereich von -25. Demgegenüber tritt bei fast 20 % der Untersuchten unerwarteterweise eine unphysiologische Umkehr des Aktivitätsverhaltens in der zweiten thermischen Untersuchung (L 5) auf. Die Seitendifferenzwerte schlagen vom Positiven ins Negative um. Wie in Abb. 7.6.b (sog. SD-Wechsel) dargestellt, streuen die entsprechenden Aktivitätswerte rechts und links für beide Untersuchungen in extremem Maße. Auffallend ist dabei, daß bei den einzelnen Probanden extreme, "asymmetrische" Aktivitätswerte in der Untersuchung mit 5 Minuten Spülabstand normalen, symmetrienahen Werten in der 10-Minuten-Untersuchung gegenüberstehen. Linear dargestellt, ergibt sich eine deutliche Tendenz zu einer verstärkten Rechtsverschiebung im Aktivitätsverhalten von L 10 auf L 5. Die Seitendifferenzwerte schwanken analog zwischen +15 (%) in der 10-Minuten-Untersuchung und einem Wert von bis -40 (%) in der 5-Minuten-Untersuchung. Nur in einem Fall wurde entgegen der allgemeinen Tendenz bei einem Probanden mit einem geringen Aktivitätsüberwiegen rechts in L 10 eine Umkehr zu einem ausgeprägten Linksüberwiegen in L 5 beobachtet.

Bei einer dritten zu unterscheidenden Gruppe von Probanden - etwa 30 % - ist nun kein Seitenwechsel im Aktivitätsverhalten beim Übergang von einer Untersuchung zur anderen in der eben beschriebenen Weise zu beobachten, sondern es kommt bei ihnen

vielmehr zu einer einseitig systemimmanenten "Verschlechterung" der Seitendifferenzwerte in L 5 zu höheren Negativ- (oder Positiv-)werten gegenüber symmetrienahen SD-Normwerten in L 10. Die SD-Werte in L 10 streuen dabei hauptsächlich in dem Normbereich bis zu -15 (%) (Abb. 7.6.c). Die entsprechenden SD-Werte in L 5 indessen streuen in einem Prozentbereich von -20 bis -70 (%). Nur in einem Fall berechnete sich bei einem SD-Wert von +4,6 in L 10 ein erhöhter SD-Wert von +17 in L 5 entsprechend einem Linksüberwiegen.

Überraschenderweise zeigten auch vier der Probanden in L 10 ein aufgrund des erhöhten SD-Wertes zu postulierendes pathologisches Seitendifferenzverhalten gegenüber einem normgerechten SD-Wert in L 5. Bei einem der Probanden dürfte dem extremen SD-Wert von -73,4 (%) in L 10 allerdings ein Spülfehler infolge eines diagnostizierten partiellen Gehörgangsverschlusses links vorliegen.

Insgesamt also spiegelt sich auch in diesen Ergebnissen eine bereits in den bisherigen Untersuchungen der Gesamtaktivitäten sich abzeichnende Tendenz zu einem deutlichen Überwiegen der Gesamtaktivitäten rechts in der kurzen Untersuchung mit 5-Min.-Spülabstand. Bezieht man auch die Fälle von Seitendifferenzwechsel mit ein, so dokumentieren nahezu 50 % der Probanden eine scheinbar systemimmanente Verschiebung zu höheren extremen Gesamtaktivitäten in L 5 mit auffälligem Überwiegen der Labyrinthaktivitäten rechts.

Auch kann die anfangs aufgestellte Hypothese eines physiologisch asymmetrischen, labyrinthären und zentral kompensierten Reaktionsverhaltens offensichtlich nicht bestätigt werden. Denn die bei etwa 30 % der Probanden beobachtbaren SD-Schwankungen in L 10 und L 5 mit einem noch zulässigen statistischen Fehlerbereich von +/-10 % lassen keine asymmetrische Rechtstendenz erkennen. Bei der etwa gleichen Zahl von Probanden mit überwiegender Rechtsaktivität in L 5 stehen extremen Re-Aktivitätswerten normgerechte und symmetrienahе Seitendifferenzwerte in L 10 kleiner -15 (%) gegenüber.

Ebenso widerspricht das in einer Größenordnung von 20 % auftretende, physiologisch nicht erklärbare Phänomen eines "Seitenwechsels" in L 10 und L 5 weitgehend dem vermuteten physiologischen Asymmetrieverhalten.

$\sum Re (44^{\circ} + 30^{\circ})$

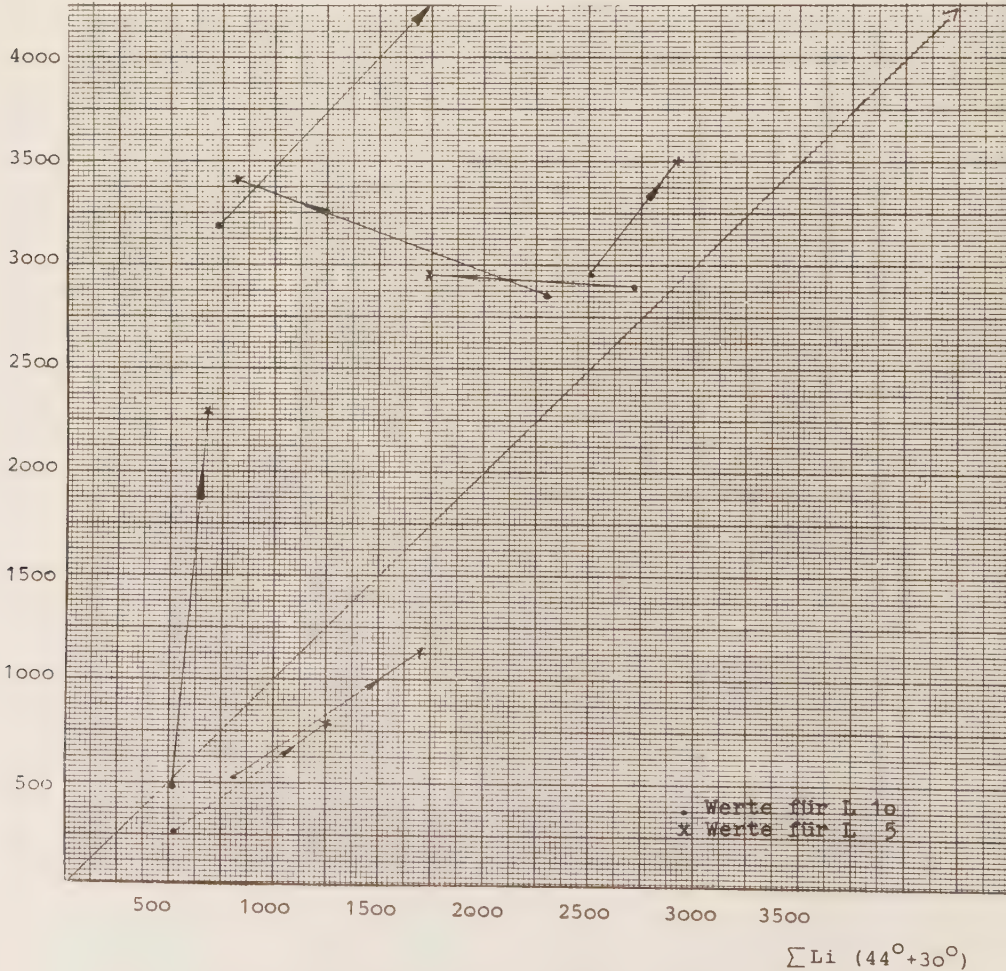


Abb. 7.6.c) Die Änderung des Seitendifferenz-Verhaltens der Vestibularorgane von L10 auf L5 in beiden Untersuchungsreihen:

c) sog. einseitig systemimmanente Verschlechterung der Seitendifferenz-Werte

Es scheinen also vielmehr andere, verfahrensbedingte Störeinflüsse ein derartiges Diskrepanzverhalten der SD-Werte zu bedingen. Es wäre gut vorstellbar, daß ein unterschiedliches Vigilanzniveau oder zentral wirksame, hemmende Einflüsse wie Habituation oder Ermüdung dafür verantwortlich zu machen sind.

7.4. Die Aktivitäten der Einzelspülungen, ihr Verhalten in der Spülfolge und deren Vergleich

Um die möglichen Wirkungsmechanismen, die das unterschiedliche Verhalten in der Rechts-/Linksaktivität in L 10 und L 5 bedingen könnten, zu ergründen, ist es notwendig, die Einzelspülungen in ihrer Aktivitätsausprägung einander gegenüberzustellen.

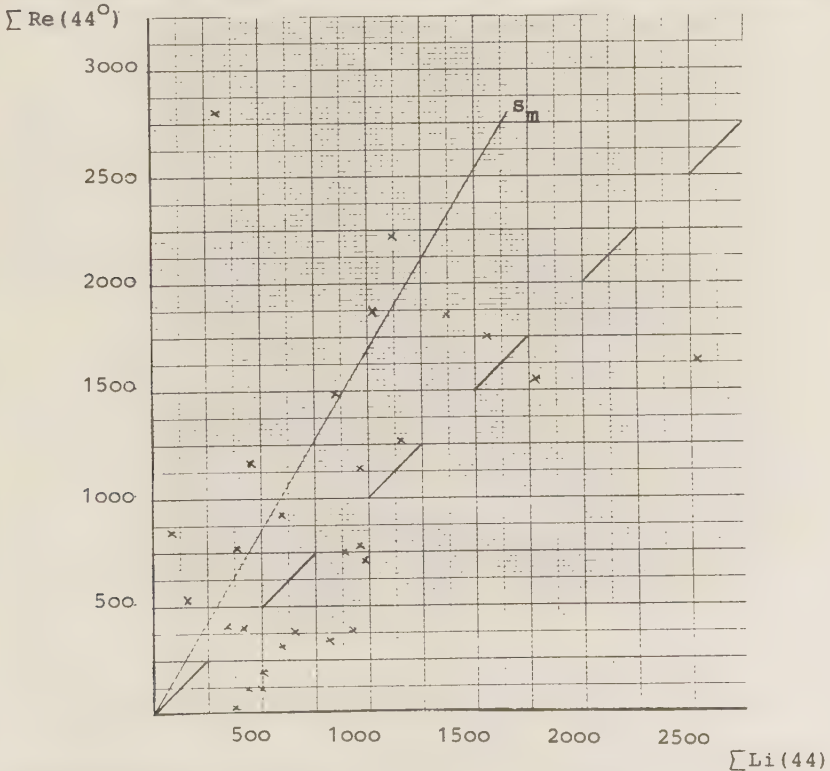


Abb. 7.7.a) Das Symmetrieverhalten der Labyrinthaktivitäten der ersten beiden Warmspülungen mit rechts bzw. links 44°C in L10.

s = Linie für die mittlere Symmetrie-Abweichung

In der Abb. 7.7.a) sind die Werte für die Labyrinthaktivitäten der ersten Warmspülung in L 10 gegen die Werte der zweiten Spülung in L 10, also der Warmspülung links, aufgetragen. Die Wertepaare häufen sich zum einen in einem Bereich unterhalb eines Summenwertes von 1.000 bis 1.500 und streuen zum anderen relativ breit in einem höheren Wertebereich von 1.500 bis 3.000. Insgesamt ist eine leichte Ausrichtung der Wertepaare zur y-Achse hin erkennbar. Deutlich wird dies besonders nach Eintragung der Idealsymmetrielinie in das Punktediagramm. Und auch die Berechnung der mittleren Symmetrieabweichung nach der o.a. Formel als ein Maß für die reale Häufigkeitsverteilung unterstreicht die stärkere Wirkung der ersten Rechtsspülung mit 44°C gegenüber einer schwächeren Linksspülung mit 44°C. Immerhin entspricht die resultierende Linie für die mittlere Symmetrieabweichung einem mittleren Abweichungsbereich von etwa 15° - entsprechend einem exakten Winkel von 59,5°.

Verglichen damit zeigen die Wertepaare für die beiden letzten Kaltspülungen in L 10 eine praktisch symmetrische, gleichmäßige Streuung in einem begrenzten Bereich unterhalb eines Summenwertes von etwa 1.500. Übereinstimmend läuft die Linie für die mittlere Symmetrielinie am nächsten der Idealsymmetrielinie. Bei einem Winkel von 54,3° begrenzt sie einen mittl. Abweichungsbereich von nur etwa 9°.

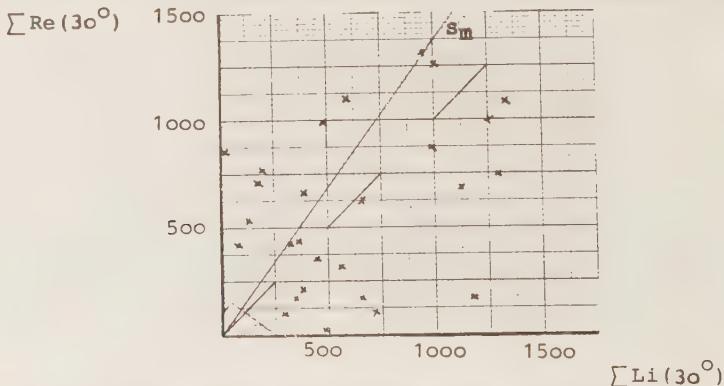


Abb. 7.7.b) Das Symmetrieverhalten der Labyrinthaktivitäten der letzten beiden Kaltspülungen mit links bzw. rechts 30° C in L 10.

s_m = Linie für die mittlere Symmetrie-Abweichung

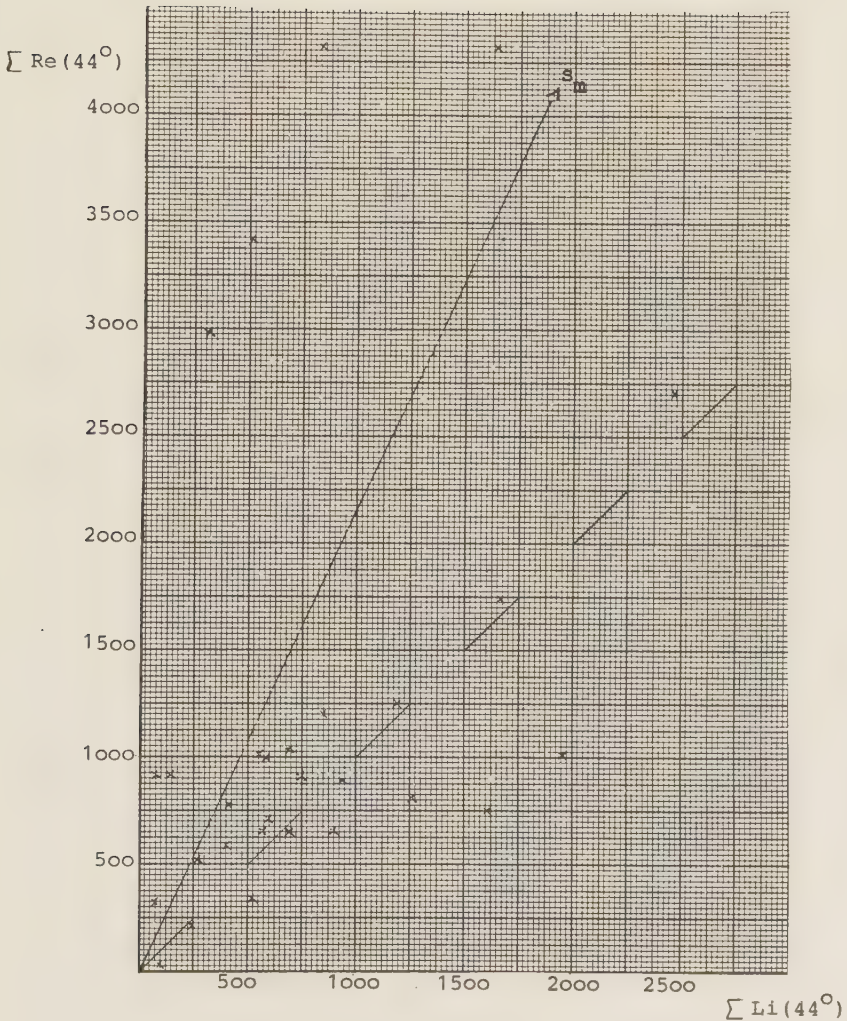


Abb. 7.7.c) Das Symmetrieverhalten der Labyrinthaktivitäten der ersten beiden Warmspülungen mit rechts bzw. links 44° C in L 5.
 s_m = Linie für die mittlere Symmetrie-Abweichung

Daraus läßt sich auch schließen, daß die Abweichung der Gesamtaktivitäten in L 10 nach rechts zu höheren Werten hauptsächlich zu Lasten einer ausgeprägteren Reaktion rechts bei der ersten Warmspülung geht.

$\sum Re(30^{\circ})$

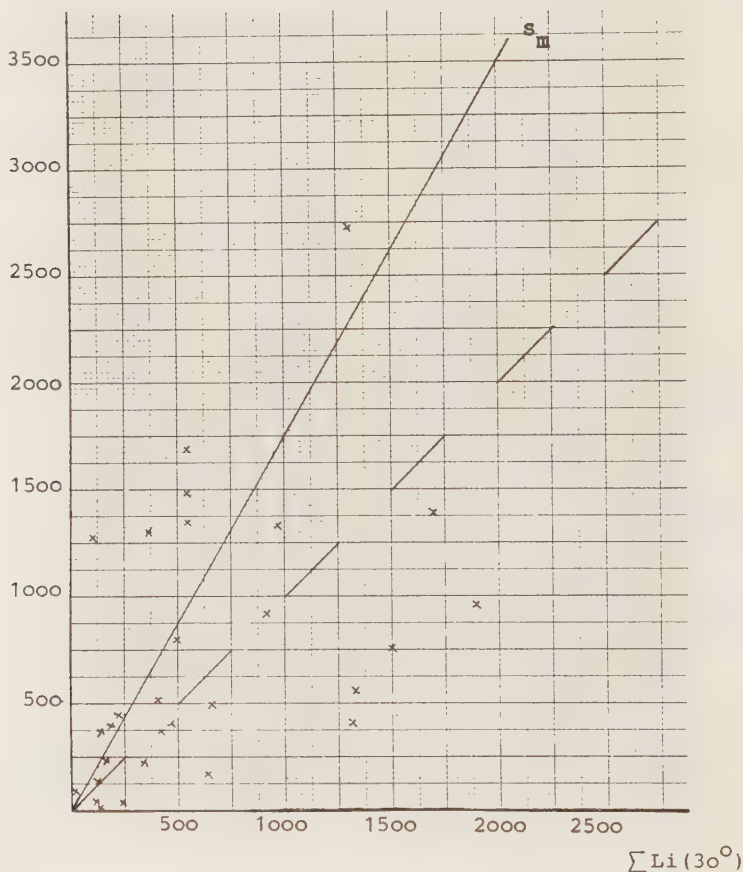


Abb.7.7.d) Das Symmetrieverhalten der Labyrinthaktivitäten der letzten beiden Kaltspülungen mit links bzw. rechts 30° C in L 5.
 s_m = Linie für die mittlere Symmetrie-Abweichung

Analog dazu wurden die Einzelspülungen in den Untersuchungen mit 5 Minuten Spülintervall (L 5) einem Vergleich unterzogen. In Abb. 7.7.c) finden sich die Wertepaare für die ersten beiden Warmspülungen rechts und links dargestellt. Hier zeigt sich im Bereich unterhalb 1.500 eine zugunsten der Rechtsaktivität geringe asymmetrische Verteilung. Besonders in den höheren Aktivitätsbereichen jedoch tritt diese Asymmetrie in Erscheinung. Folglich ist auch eine relativ hohe mittlere Symmetrieabweichung zu erwarten. Mit einem Winkel von $65,1^{\circ}$ entspricht sie doch einer mittleren Abweichung von fast $45,0\%$.

Die Wertepaare für die beiden Kaltspülungen in Abb. 7.7.d) dokumentieren ähnlich den letzten beiden Spülungen in L 10 eine fast gleichmäßige Verteilung um die 45° -Linie. Grundsätzlich fällt aber doch eine etwas breite unregelmäßige Streuung der Werte auf, besonders im höheren Aktivitätsbereich. Die mittlere Symmetrieabweichung begrenzt mit einem Winkel von $61,8^{\circ}$ immer noch einen Abweichungsbereich nach oben von etwa 16° .

Hieraus läßt sich folglich ableiten, daß für das Asymmetrieverhalten der Gesamtaktivitäten rechts/links in L 5 hauptsächlich das ausgeprägte Aktivitätsverhalten der Warmspülung rechts verantwortlich zu machen ist. Vergleichend läßt sich feststellen, daß in L 5 zwischen den ersten und den letzten beiden Spülungen, also zwischen den Warmspülungen einerseits und den Kaltspülungen andererseits, größere Aktivitätsunterschiede zu beobachten sind als in L 10. Außerdem zeigen die Aktivitäten der Spülungen in L 5 besonders bezüglich der Rechtsaktivitäten insgesamt höhere Werte als die der Vergleichsspülung.

Eindrucksvoller verdeutlicht dies die Berechnung der Gesamtaktivitäten für die Einzelspülungen in L 10 und L 5 und deren prozentuale Verteilung. In den beiden Abbildungen 7.8. a) und b) sind die Aktivitätswerte als Prozentwerte der Gesamtaktivität aus allen vier Spülungen graphisch dargestellt. In beiden Untersuchungen haben dabei - wie erwartet - die Warmspülungen rechts den höchsten Anteil an der Gesamtaktivität:

UNTERSUCHUNG IM LIEGEN (SPÜLABSTAND 10 MINUTEN):

Reihenfolge	Nystagmusaktivität	Prozentuale Verteilung
1. Spülung Re 44° C	28179	33 %
2. Spülung Li 44° C	23080	27 %
3. Spülung Li 30° C	16721	20 %
4. Spülung Re 30° C	16865	20 %
Gesamtaktivität:	84845	100 %

UNTERSUCHUNG IM LIEGEN (SPÜLABSTAND 5 MINUTEN):

Reihenfolge	Nystagmusaktivität	Prozentuale Verteilung
1. Spülung Re 44° C	37c51	35 %
2. Spülung Li 44° C	24144	23 %
3. Spülung Li 30° C	18741	18 %
4. Spülung Re 30° C	24892	24 %
Gesamtaktivität:	104828	100 %

Von der ersten Warmspülung rechts zur zweiten Warmspülung links besteht eine Abnahme der Aktivität von 33 % auf 27 % der Summenaktivität in L 10. Zu einem deutlichen Abfall kommt es beim Übergang von der zweiten Warmspülung links zur ersten Kaltspülung links. Die Aktivität sinkt von 27 % auf 20 %, während die Aktivitäten zwischen der dritten und der vierten Spülung nur einen Unterschied kleiner 1 % erkennen lassen.

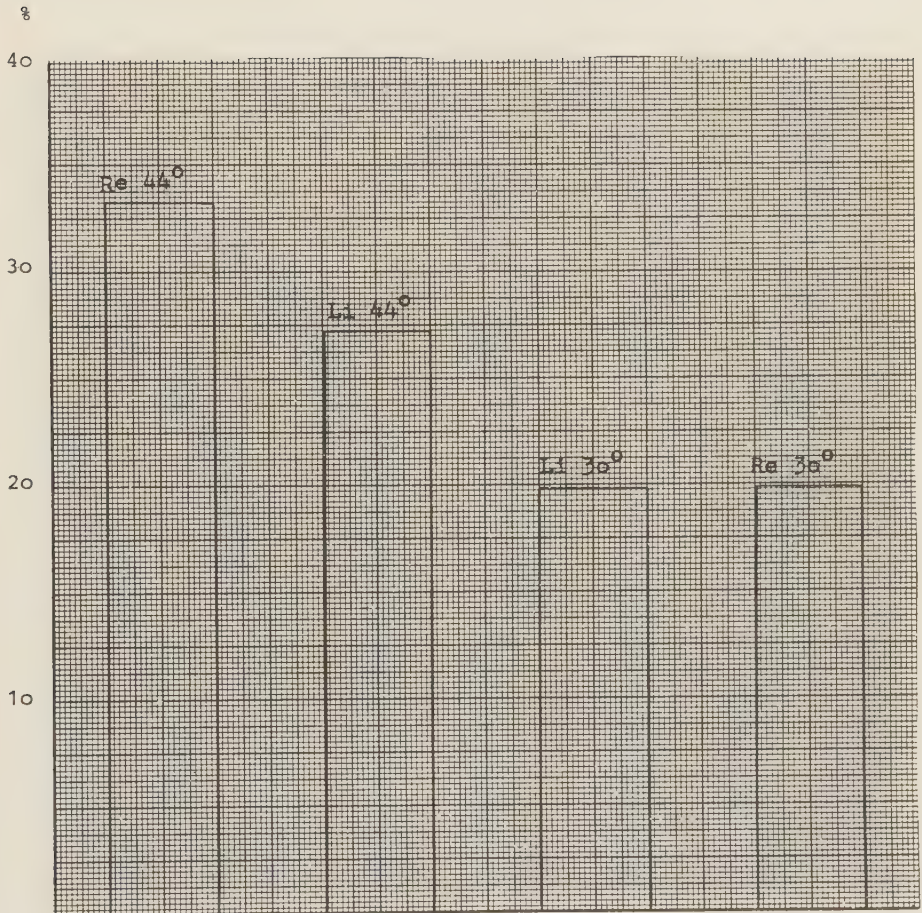


Abb. 7.8.a) Prozentuale Verteilung der Nystagmusaktivität
über die einzelnen Spülungen in L 10
4 Spülungen = 100 %

8

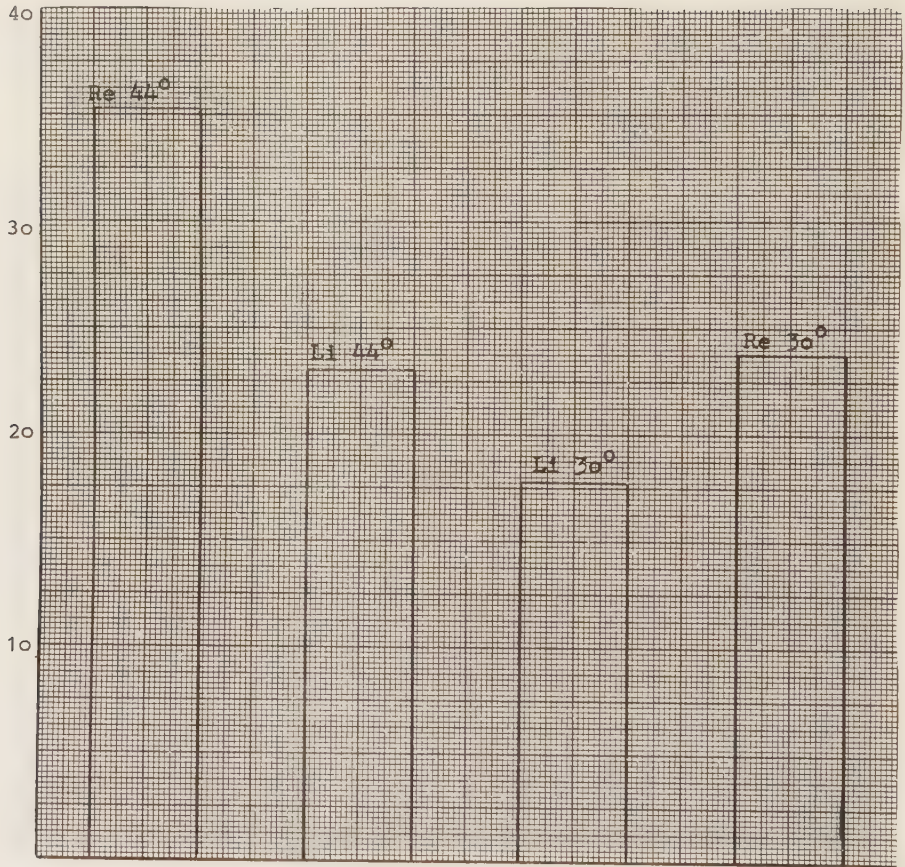


Abb. 7.8.b) Prozentuale Verteilung der Nystagmusaktivität
über die einzelnen Spülungen in L 5
4 Spülungen = 100 %

In dem Säulendiagramm für L 5 (Abb. 7.8.b) fällt die starke Reaktivität rechts bei der 44°C-Spülung, der ersten aller Spülungen im Verhältnis zu den anderen Spülungen auf. Gleichzeitig ist die Reaktivität rechts insgesamt auch größer als in L 10. Zu einer besonders ausgeprägten Abnahme der Aktivität, nämlich um ein Absinken von 12 % der Gesamtaktivität, kommt es von der ersten zur zweiten Spülung. Und die dritte Spülung, also die erste Kaltspülung links, sinkt gegenüber der ersten Warmspülung sogar um 17 % der Gesamtaktivität auf 18 %, das entspricht einem Absinken von 5 % der Gesamtaktivität gegenüber dem Aktivitätswert nach der zweiten Warmspülung. Überraschenderweise nimmt dann die letzte Spülung, die Kaltspülung rechts, gegenüber der dritten Spülung noch um einen Anteil von 6 % der Gesamtaktivität zu.

Das labyrinthäre Gesamtreaktionsverhalten bei der Untersuchung mit 5 Minuten Spülintervall ist also charakterisiert durch ein breites, dissoziierendes, auffallend asymmetrisches und unruhiges Aktivitätsbild. In dieser Hinsicht erscheint das Aktivitätsverhalten in der Untersuchung mit 10 Minuten Spülintervall weniger system- und stör anfällig.

Beiden Untersuchungsreihen gemeinsam aber ist das jeweilige Hervortreten der ersten Spülung, der Warmspülung rechts, innerhalb des Gesamtaktivitätsverhaltens. Die starke Reaktivität bei der ersten Spülung steht in einem offensichtlichen Gegensatz zu einem symmetrietendierten labyrinthären Reaktionsverhalten bei den übrigen Spülungen einer Vestibular-Untersuchung.

Faßt man die Untersuchungen in beiden Testserien zusammen, so verdichtet sich dieser Anschein.

Daraus ergibt sich natürlich die Frage, worin die Ursache dieses scheinbar gestörten "systemfernen" Aktivitätsverhaltens zu suchen ist. Jedenfalls liegt die Vermutung nahe, daß der erstmalige Reiz des Gleichgewichtsorgans bei thermischer Vestibularprüfung - also

die erste Spülung am rechten Ohr - eine empfindliche Irritation, eine gewissermaßen unbekannte, neue Reizsituation für das labyrinthäre Organsystem darstellt, auf das nach normalem Muster zu reagieren das vestibulo-nervale System gleichsam erst lernen muß.

Neben dem Weckeffekt bestimmen so sicherlich auch andere zentral-komplexe Einflüsse das Reaktionsverhalten, wobei gerade methodisch und durch die Versuchssituation bedingte Störeinflüsse eine große Rolle zu spielen scheinen. Diese Annahme findet eine weitgehende Bestätigung in der Tatsache, daß bei den Untersuchungen, denen die Probanden als erste unterzogen wurden, die Antworten auf die erste Spülung, also die Warmspülung rechts, durchschnittlich stärker ausfiel als bei der ersten Spülung, ebenfalls einer Warmspülung rechts, der einige Stunden später durchgeführten zweiten Untersuchung.

Denn, wie in der Versuchseinleitung bereits beschrieben, wurde, um etwaige ähnliche Einflüsse auszugleichen, bei den Untersuchungen abwechselnd die 5-Minuten- bzw. die 10-Minuten-Untersuchung an den Anfang gestellt.

Vergleicht man nun die Durchschnittswerte für die Aktivitäten nach der ersten Spülung rechts mit 44°C - aufgeteilt nach Erst- und Zweituntersuchung - in % der durchschnittlichen Gesamtaktivität für sämtliche Spülungen von rechts 44°C , so ergibt sich folgendes Bild:

In L 10 entfallen durchschnittlich 27 % der Gesamtaktivität auf die Nystagmus-Aktivität der Probanden mit der Spülung rechts 44°C als Anfangsspülung entsprechend 21 % bei der Zweituntersuchung, in L 5 durchschnittlich 30 % auf die Nystagmusaktivität der Probanden mit rechts 44°C als Anfangsspülung entsprechend 22 % bei der Zweituntersuchung (Abb. 7.9.).

Man darf aber nicht vergessen, daß 15 bzw. 30 Werte für den durchgeführten Vergleich nur eine beschränkte Aussagekraft beinhalten können; andererseits aber darf dieser erkennbare Wirkungseffekt auf die Durchführung einer thermischen Labyrinthprüfung nicht unberücksichtigt bleiben.

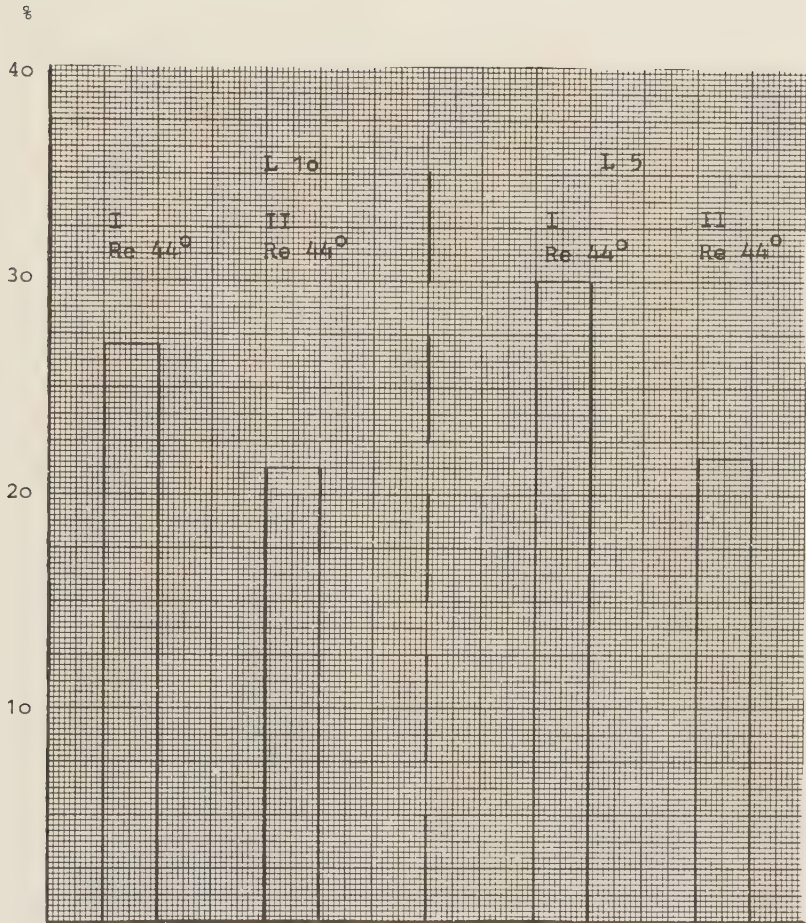


Abb. 7.9. Prozentuale Verteilung der mittleren Nystagmusaktivität der ersten Spülung mit rechts 44°C - aufgeteilt nach Erst- und Zweituntersuchung
Mittlere Gesamtaktivität aller Spülungen rechts 44°C = 100 %

Wenn also die thermische Labyrinthprüfung als eine praxisnahe Routineuntersuchung mit der möglichen Differenzierung

von normalen und pathologischen Befunden in die Klinik Eingang finden soll, dann muß auch dieser Beobachtung Rechnung getragen werden.

8. DISKUSSION

8.1. Die Problematik der Parameterwahl bei einer standardisierten thermischen Labyrinthprüfung

Die Ergebnisse der Reizantworten für die vorliegenden Labyrinthprüfungen mit 10 bzw. 5 Minuten Spülintervall zeigen ausgeprägte Unterschiede für Gesamtaktivität, die Seitendifferenz und die Aktivitäten der Einzelspülungen. Die durchschnittliche Gesamtaktivität in der Kurzuntersuchung (L 5) liegt um 20 % über dem Durchschnittswert für die Untersuchung mit 10 Minuten Spülintervall (L 10). Gleichzeitig fällt die große Streubreite der Aktivitätswerte in den 5-Minuten-Untersuchungen auf. Bei einem nicht zu vernachlässigenden Anteil der thermischen Labyrinthprüfungen in L 5 (30 %) schwanken die Nystagmus-Aktivitäten innerhalb einer kompletten Untersuchung um mehr als 100 % bis zu 300 %.

Insgesamt umfassen die Gesamtaktivitäten re. bzw. li., dargestellt durch den Summenaktivitätswert N_s einen Bereich von 400 bis etwa 6000 in L 5 und einen maximalen Wert von etwa 3000 in L 10.

Hierbei ist es aber nun nicht möglich, exakte Werte als Grenzwerte eines Normbereichs postulieren zu wollen. Unterschiedliche Untersuchungsmethoden (apparative Registrierungs- und Auswerteverfahren, Untersuchungsmodi und Nystagmus-Parameter) machen es praktisch unmöglich, allgemein gültige Normwerte festsetzen zu wollen. Es existieren auch bis heute nicht viele Untersuchungen, die speziell die Erarbeitung von Normwerten für die thermische Labyrinthprüfung beinhalten. Die darüber vorliegenden wenigen Arbeiten beruhen zudem auf unterschiedlichen Untersuchungsmodalitäten. Gleichzeitig liegen ihnen häufig verschiedene Parameter zugrunde.

Pfaltz erarbeitete 1957 in seinen Untersuchungen über die normale Labyrinthreaktion unter Fixation Normwerte der Parameter Dauer, Schlagzahl und Amplitude sowohl für Warm- wie Kaltspülungen (Einzelspülungen). Die mittlere Schlagzahl schwankt dabei zwischen 135 und 165 Schlägen pro Reaktion. Die hohe Standardabweichung von 80 Schlägen ist gleichzeitig ein Maß für die hohe Streubreite der Schlagzahl allgemein. Pfaltz warnt deshalb auch davor, gerade die Schlagzahl als Maß für die Reizstärke verwenden zu wollen. Er betrachtet an erster Stelle die Dauer als Kriterium für die Beurteilung einer thermischen Reaktion.

Hamersma (1957) hat in seinen Untersuchungen neben den Normalwerten für die Dauer, Totalamplitude und die MES auch diejenigen für die Schlagzahl bei einer kompletten thermischen Labyrinthprüfung ermittelt. Bei 47 Probanden führte er Vestibularisprüfungen nach der Methode von Fitzgerald/Hallpike (1942) durch. Die Registrierung der Reizantworten erfolgte bei geschlossenen Augen per ENG. Die Durchschnittswerte für die einzelnen Spülungen schwanken bei ihm zwischen 180 und 210 Schlägen. Leider macht er bezüglich der Schlagzahl keine Angaben über Standardabweichungen, erinnert aber ebenfalls an die relativ große Streubreite dieses Parameters bei verschiedenen Personen.

Die Tatsache der großen inter- und intraindividuellen Schwankungsbreite der Schlagzahl bei thermischen Vestibularisprüfungen erschwert somit die Erarbeitung von standardisierbaren Normwerten.

Torok (1974) weist bei seinen Untersuchungen über Fixationszustände und deren Auswirkung auf bestimmte Nystagmusparameter wiederum nach, daß die Frequenz und damit die Schlagzahl nur geringen Schwankungen unterworfen sind, für ihn ein Beweis da-

für, daß die Frequenz am stärksten mit der Reizstärke korreliert. Henriksson (1956), Hamersma (1957), Mittermaier/Christian (1954) z.B. beobachten in ihren elektronystagmographischen Untersuchungen ebenso wie die meisten jüngeren Autoren eine eindeutig engere Beziehung zwischen Schlagzahl und Reizstärke als zwischen Dauer und Reizstärke. Auch weisen Kleinfeldt und Dahl (1974) bei ihren Temperaturmessungen an den lateralen Bogengängen nach, daß eine direkte Proportionalität zwischen Temperaturänderung und Nystagmusreaktion nur für die Schlagzahl bzw. die Frequenz, nicht aber für die Dauer und Amplitude besteht. Die Schlagzahl stellt somit eine durchaus gültige Kenngröße für die Reizstärke bei thermischen Untersuchungen dar. Und spricht nicht auch die große Streubreite der Schlagzahl - wie übrigens auch der Amplitude - für die hohe Empfindlichkeit des Vestibularapparates als Regulierungsorgan.

Ein weiterer Parameter, der eine sehr enge Korrelation mit der Reizstärke und besonders auch mit den anderen Parametern erkennen läßt, ist die Geschwindigkeit der langsamen Phase (SPV), in deren Berechnung die Nystagmusamplitude und die Dauer der langsamen Phase eingehen.

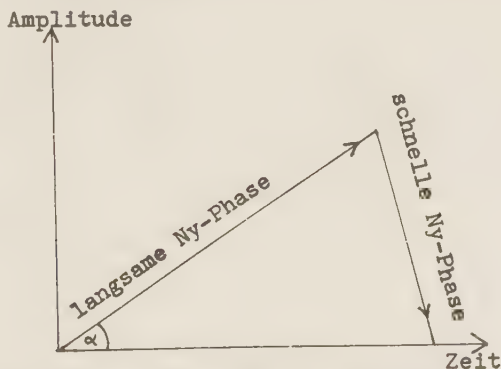


Abb. 8.1. Graphische Darstellung der Nystagmus-Komponenten

Dabei soll die langsame Phase des Nystagmus der Auslenkung der Cupula entsprechen (Jongkees 1979).

Die Bestimmung der Amplitude allein als ein Korrelat der Augenbewegung, meist dargestellt als Gesamtamplitude, hat weitgehend an Bedeutung verloren. Denn sie ist u.a. sehr stark abhängig von der Nystagmusdauer, die wie bereits erwähnt, nur eine geringe Aussagekraft als Reizstärkeparameter besitzt (Mittermaier 1954, Mittermaier/Christian 1954, Mulch 1973, Minnigerode 1974, Grohmann 1975).

Die langsame Phase des Nystagmusreflexes jedenfalls zeigt nach den gerade auch jüngeren Untersuchungen die größte Aussagekraft als Einzelparameter (Henriksson 1955/56, Kornhuber 1966/74, Pfaltz 1974, Reker 1976, Sokolovski 1976). Nach Kornhuber stellen überhaupt die SPV und die Gesamtamplitude die zentralen Parameter für die Reizstärke dar.

Je mehr Parameter aber in die Auswertung eingehen, desto größer ist im allgemeinen auch deren Informationsgehalt, d.h. der Kliniker erhält ein komplexeres und aussagekräftigeres Bild einer Nystagmusantwort und damit rückschließend eines ganzen Vestibularorgans. Es genügt also nicht, sich auf einen Parameter zu stützen (Mittermaier 1954/55, Jongkees 1953/79, Kornhuber 1974, Minnigerode 1974, Mulch 1973/77/78, Emami-Nouri 1972, Grohmann 1975). In dem für das vorliegende Auswerteverfahren nach Scherer und Hausmann entwickelte Kombinationsparameter N_s

$$N_s = K \cdot \sum_{t_i}^{t_i + \Delta t} \cdot \operatorname{tg} \alpha_i$$

oder

$$N_s = s_i \cdot k \cdot \overline{\operatorname{tg} \alpha_i} = s_i \cdot \text{SPV}$$

k = Normierung · Papiergeschwindigkeit

s_i = Schlagzahl / Intervall

$\operatorname{tg} \alpha_i$ = Geschwindigkeit der langsamen Phase (SPV)

$\overline{\operatorname{tg} \alpha_i}$ = SPV / Intervall

gelang durch gleichzeitige Erfassung von Schlagzahl und Winkelwert der langsamen Phase und deren Aufsummierung in einem vorgewählten Zeitintervall eine vereinfachende, gleichzeitig auch graphisch aussagekräftige Dokumentierung von Nystagmus-Daten. Mit diesem Verfahren verbunden ist gleichzeitig eine in hohem Maße bestehende Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit von Nystagmus-Daten.

Allerdings ist diese Vergleichbarkeit von Nystagmusdaten nur innerhalb dieses Auswerte- und Dokumentierverfahrens gegeben, einmal aufgrund der Parametererfassung in einem bestimmten Zeitintervall und zum anderen durch das Einfließen der Aufzeichnungsamplitude für 20° Augenbewegung und der Papiergeschwindigkeit in den Faktor k des Summenaktivitätswertes N_s . Außerdem darf die Möglichkeit eines gewissen Informationsverlustes durch den Summenaktivitätswert bzw. Kombinationsparameter N_s nicht übersehen werden, dergestalt, daß bei Abnahme der Geschwindigkeit der langsamen Phase verbunden mit einer gleichzeitigen Zunahme der Schlagzahl gleicher Größenordnung bzw. auch umgekehrt über einen gewissen Zeitabschnitt ein gleich großer Summenaktivitätswert resultiert.

Und gerade die Frequenz ist, wie sich in unseren Untersuchungen zeigt, intra- und interindividuell starken Schwankungen unterworfen. Kurzzeitige Frequenzänderungen treten z.B. bei Manipulationen am Körper eines Probanden und besonders bei plötzlichen Vigilanzänderungen auf und gehen so in den Summenaktivitätswert mit ein.

8.2. Die Bedeutung der Untersuchungsmodalitäten, insbesondere der Vigilanz für eine standardisierte klinische Labyrinthprüfung

Auffällig ist der relativ hohe Durchschnittswert pro Labyrinthuntersuchung von $\bar{N}_s = 707,0$ bzw. von $\bar{N}_s = 873,5$ in den beiden Untersuchungsreihen. Die Ursache für dieses allgemein ausgeprägte individuelle Reaktionsverhalten ist sicherlich zum großen Teil in der konsequenten Durchführung bestimmter festgelegter Untersuchungsmodalitäten zu suchen. Denn gerade unterschiedliche Untersuchungsmodalitäten erschweren aufgrund ihrer nicht zu leugnenden Einflüsse auf eine Labyrinthuntersuchung deren für eine Normierung der thermischen Vestibularprüfung grundsätzlich zu fordernden Reproduzier- und Vergleichbarkeit.

Heute weiß man allgemein um die aktivitätssteigernde Wirkung eines hohen Vigilanzniveaus. Gerade Collins et al. (1961/62), Sokolovski (1966) und Lidvall (1962) oder - in jüngerer Zeit - Strauss (1977), Hofferberth (1981) und Kileny et al. (1980) haben auf diesem Gebiet grundlegende Untersuchungen durchgeführt und die besondere Bedeutung eines gleichmäßig hohen Vigilanzniveaus für die klinische Vestibularisprüfung hervorgehoben. Die Notwendigkeit der Beachtung des Vigilanzniveaus während der thermischen Vestibularprüfung sollte neben den allgemeinen Untersuchungsmodalitäten und der Reizparameterfrage im Mittelpunkt gegenwärtiger Standardisierungsfragen oder -bemühungen stehen.

Gleiches gilt für die Untersuchungsmodalität "Fixationszustand". Die eben genannten Untersucher weisen ebenso wie die meisten anderen (Baloh et al. 1977, Henriksson et al. 1962, Torok 1974) auf die unter Fixation gewöhnlich gehemmte Nystagmus-Antwort bezüglich aller Parameter hin. Baloh (1977) beobachtet Gleiches auch für die Untersuchung mit geschlossenen

Augen. Sie empfehlen deshalb, die Vestibularisprüfung unter Nichtfixation durchzuführen. Nach Collins (1968), Baloh et al. (1977) und auch Torok (1974) lassen sich bei Untersuchung im abgedunkelten Raum mit offenen Augen optimale Reaktionen erzielen, einem Untersuchungs-Verfahren, das auch von uns angewendet wurde.

Für die relativ hohen mittleren Nystagmus-Aktivitäten in den vorliegenden Untersuchungen ist möglicherweise auch ein Nebeneffekt verantwortlich zu machen, wie Eckel et al. ihn in ihrer Arbeit über die Nystagmus-Reaktion bei verschiedenen Aufmerksamkeits- und Bewußtheitsgraden (1963) beschreiben. Eckel et al. beobachten dabei, daß bei Versuchspersonen, die im Rahmen einer experimentellen Versuchsreihe immer erst in den Versuchsablauf eingeführt werden, insbesondere bei Studenten, allgemein sehr ausgeprägte Nystagmus-Reaktionen - z.T. sogar extreme unbrauchbare Werte - erzielt werden. Die beobachteten hohen Durchschnittswerte und die große Streuung der Einzelwerte führen sie auf das in diesen Fällen gesteigerte Interesse für die Untersuchung zurück. Dieses kann allerdings auch soweit führen, daß es bei zu starker Konzentration und Erwartungshaltung während der Vestibularprüfung zu einer Hemmung oder einem totalen Verschwinden der Nystagmen kommen kann. Gleiches beobachtet auch Collins (1962).

In unseren Versuchsreihen zeigten zwei Versuchspersonen, die mit geradezu "innerer Verbissenheit" die gestellten Multiplikationsaufgaben lösen wollten, ebenfalls ein deutlich abgeschwächtes Nystagmusverhalten. Bei beiden wurde der jeweilige Versuch wiederholt bei normalem Vigilanzniveau und daraus resultierenden ausgeprägteren Nystagmusantworten. Bei den vorliegenden Untersuchungen darf somit wohl auch ein derartiges "gesteigertes Interesse" - 75 % der Untersuchten waren Studenten, die grundsätzlich vorher mit dem Untersuchungsverfahren

vertraut gemacht wurden und gewöhnlich reges Interesse zeigten - für die durchschnittlich hohe mittlere Gesamtaktivität verantwortlich gemacht werden.

Sie erklärt aber nicht den zwischen beiden Untersuchungsreihen L 10 und L 5 beobachtbaren durchschnittlichen Aktivitätsunterschied, der bei einem Durchschnittswert $\bar{N}_s$ pro Labyrinthprüfung von 873,5 in L 5 bzw. 707,0 in L 10 etwas mehr als 20 % beträgt. Mitursache dafür ist wahrscheinlich ein durchschnittlich über den Verlauf der Untersuchung mit 5 Minuten Spülintervall konstanteres Vigilanzniveau. Das soll heißen, daß in den Untersuchungen mit 5 Minuten Spülintervall das Vigilanzniveau von Spülung zu Spülung weniger abnimmt. Denn eine Spülung folgt bei 4 Minuten anhaltender Nystagmus-Registrierung unmittelbar auf die andere. Der Proband hat gar keine Zeit, sich zu erholen oder abzuschalten. Bei der Untersuchung mit 10 Minuten Spülintervall hingegen liegen zwischen den einzelnen Spülungen mehr als 5 Minuten, in denen der Proband nicht beansprucht wird. Er liegt mehr oder weniger ausgeruht und schläfrig auf dem Kipptisch, bevor er aufgefordert wird, nach der folgenden Spülung weitere Multiplikationsaufgaben zu lösen. Das Vigilanzniveau sinkt wahrscheinlich so von Untersuchung zu Untersuchung und nimmt gegen Ende zu wahrscheinlich auch mehr ab.

Wir haben versucht, dies dadurch weitgehend zu vermeiden, indem wir die Probanden in dieser Zeit nicht sich selbst überließen, sondern bemüht waren, uns möglichst angeregt mit dem jeweiligen Probanden zu unterhalten und so die Zeit zwischen den Spülungen zu überbrücken.

Kileny (1980) empfiehlt sogar grundsätzlich statt der von uns praktizierten "mental arithmetic" die Konversation zwischen Untersucher und Proband, d.h. also auch während der elektro-nystagmographischen Registrierung. Er beobachtet bei einem Vergleich beider Untersuchungsmodalitäten unter Konversation

ausgeprägtere Nystagmusantworten - zumindest bezüglich des Parameters SPV. Außerdem hat die Konversation bei wiederholt gesetzten Reizen scheinbar einen hemmenden Effekt auf eine zu beobachtende R.D.

8.3. Das seitendifferente Verhalten der Labyrinth in den Untersuchungsreihen L 10 und L 5 und dessen Beurteilung

Den Aktivitätsunterschied der Spülungen am re. und li. Ohr, der besonders in der Untersuchung mit 5 Minuten Spülintervall auffällig ist, auf den möglichen Effekt eines unterschiedlichen Vigilanzverhaltens in L 5 und L 10 zurückzuführen, ist nicht möglich. Theoretisch müßte dann gerade in den Untersuchungen mit 10-Minuten-Spülintervall der Aktivitätsunterschied rechts und links deutlicher sein als in L 5 aufgrund eines in L 10 geringeren oder weitgehend gleich hohen Vigilanzniveaus.

Das Umgekehrte ist aber der Fall. Der Summenaktivitätswert für die durchschnittliche Gesamtaktivität rechts in L 5 liegt mit $\bar{N}_S = 2065$ um 37,5 % über dem entsprechenden Wert für L 10 ($\bar{N}_S = 1501$). Damit verbunden ist ein mittlerer Aktivitätsunterschied zwischen rechtem und linkem Ohr von 44,5 % in L 5 verglichen mit einem Aktivitätsunterschied von 10,8 % in L 10 (zugunsten einer Aktivität rechts). Besonders für die Untersuchung L 5 bedeutet dies ein ausgeprägtes Überwiegen der Aktivitäten rechts, während die Ergebnisse für L 10, berücksichtigt man den statistischen Fehler, ein weitgehend symmetrisches Reaktionsverhalten beider Labyrinth erkennen lassen. Dies kommt auch in den Seitendifferenzwerten für L 5 und L 10 zum Ausdruck. Der mittlere SD-Wert von -5,6 (%) für L 10 liegt sehr nahe dem theoretisch zu fordernden Wert 0. Dahingegen läßt der mittlere Seitendifferenzwert von -14,6(%) für L 5 das Überwiegen

der Rechtsaktivitäten deutlich werden. Die entsprechenden Einzelwerte für die Seitendifferenzen erreichen hierbei ihre extremen SD-Werte.

In L 5 schwanken 50 % der SD-Werte zwischen -20 und -70 (%) gegenüber einem Prozentsatz von 20 in L 10.

Die in der Literatur für den Norm- und Einzelfall angegebenen Seitendifferenzwerte differieren von Autor zu Autor. Wegen der individuell breit streuenden Nystagmus-Antwort ist es schwer, verbindliche und gültige Grenzwerte für den Normalfall aufstellen zu wollen. Je nach Art der Berechnung, d.h. je nach Art des der Berechnung zugrunde liegenden Parameters ergeben sich unterschiedliche Seitendifferenzwerte. Nach Ansicht von Jongkees (1953) weichen die Nystagmuswerte bezüglich der Nystagmusdauer für den rechten und den linken Gehörgang selten um mehr als 20 % voneinander ab. Bei einer Fehlergrenze von +/- 10 % bei der thermischen Labyrinthprüfung darf deshalb erst bei einem SD-Wert von mindestens 20 (%) von einem Normgrenzwert gesprochen werden.

Pfaltz (1957) errechnet für die als normal zu wertende Seitendifferenz einen Wert von nur etwa 8 (%). Bezüglich der Schlagzahl erhält er allerdings einen höheren SD-Wert mit einer größeren Standardabweichung. Hamersma (1957) ermittelt bei seinen thermischen Vestibularprüfungen nach Fitzgerald/Hallpike an 47 Normalpersonen eine durchschnittliche Seitendifferenz von -16 (%) für die Schlagzahl, bzw. von -6 (%) für die Dauer bei einer relativ breiten Streuung. Hinter einem weitgehend symmetrischen Labyrinthverhalten zeichnet sich also ebenfalls eine geringe Tendenz zu einem Überwiegen der Reaktionen rechts ab. Die grundlegendsten Untersuchungen aus der jüngsten Zeit zum Thema "Normwerte" wurden wohl von Mulch et al. (1978) durchgeführt. Er ermittelt z.B. für die Seitendifferenz bezüglich des Parameters Gesamtschlagzahl Grenzwerte von -21 (%)

bis +24 (%) für den Interquantilbereich von 94 % (mit einzelnen Extremwerten von etwa -50 bis +30) bei einem weitgehend standardisierten Untersuchungsverfahren. In einer vergleichbaren Untersuchung über "Normwerte" weisen Vesternhauge und Larsen (1977) bei Ermittlung der durchschnittlichen SD-Werte eine linksseitige Hypofunktion - bezüglich der Parameter Dauer und maximale Augengeschwindigkeit (m.e.s.) - als normale Reaktion nach.

Der mittlere SD-Wert in unseren Untersuchungen für L 10 von -5,6 (%) liegt damit sehr nahe den von anderen Autoren aufgrund unterschiedlicher Parameter ermittelten mittleren SD-Werten. Er läßt - innerhalb eines Fehlerbereiches der SD von +/- 10 % - gleichfalls ein möglicherweise systemimmanentes SD-Verhalten vermuten, zumal die SD-Werte für L 5 ein noch ausgeprägteres, die rechte Seite betonendes Aktivitätsverhalten dokumentieren. Die Untersuchung des unterschiedlichen labyrinthären Verhaltens in L 5 und L 10 (s. 7.5.) zeigte bereits, daß das seitendifferente Reaktionsverhalten wahrscheinlich nicht physiologisch labyrinthär bedingt ist, sondern andere, wahrscheinlich zentral gesteuerte Einflüsse, die in beiden Untersuchungen unterschiedlich stark wirksam werden und vorwiegend unterschiedlichen Modalitäten der praktischen Versuchsdurchführung unterliegen dürften, dafür verantwortlich zu machen sind.

Eine mögliche Erklärung stellt auch die von Pfaltz (1957) für die in seinen Untersuchungen hinsichtlich der Seitendifferenz gemachte Beobachtung dar, daß möglicherweise unterschiedliche habituelle Einflüsse für ein seitenbetontes SD-Verhalten verantwortlich seien.

Eine exemplarische Untersuchung über die Reproduzierbarkeit beider Untersuchungsverfahren L 5 und L 10 in zwei Fällen unter möglichst gleichen Versuchsbedingungen zeigte übrigens eine geringere Schwankung der SD-Werte in L 10 als in L 5.

8.4. Beobachtungen über das Einzelreaktionsverhalten innerhalb der beiden Untersuchungsreihen L 10 und L 5

Die Untersuchung des Einzelreaktionsverhaltens in der Spülfolge rechts 44° - links 44° - links 30° - rechts 30° in L 10 und L 5 und deren Vergleich zeigte, daß das unterschiedlich rechts betonte SD-Verhalten in beiden Verfahren vornehmlich in dem auffällig ausgeprägten Aktivitätsverhalten der Warmspülung rechts, also der ersten Spülung, begründet ist.

In L 5 aber sind die Aktivitätsunterschiede zwischen den Warm- und den Kaltspülungen allgemein deutlich größer als in L 10. Daraus resultiert für L 5 ein insgesamt asymmetrisches, dissoziiertes, unruhiges Reaktionsverhalten für die komplette thermische Vestibularprüfung, während für L 10 ein gleichmäßigeres symmetriebetontes Gesamtverhalten resultiert. Stellt man sämtliche Ergebnisse für Warmspülungen denen für Kaltspülungen gegenüber, so dokumentieren die entsprechenden Summenaktivitätswerte für die Kaltspülungen eine um 16,2 % geringere Aktivität als nach Warmspülungen.

Die Aktivitätsabnahme von der ersten zur zweiten Spülung liegt in L 5 mit 12 % der Gesamtaktivität mehr als doppelt so hoch wie in L 10 mit nur 5 %. Zwischen den beiden Kaltspülungen (links 30° , rechts 30°) liegen die Aktivitätsunterschiede in L 5 nur in einem Bereich von 6 % der Gesamtaktivität entsprechend einem Prozentsatz kleiner 1 % in L 10, wobei in L 5 jedoch eine Zunahme der Nystagmus-Aktivität nach letzter Spülung mit rechts 30° C zu registrieren ist.

Eine der möglichen Ursachen für dieses differente Verhalten stellen, ähnlich den Vermutungen Hamersmas (1957), möglicherweise unterschiedliche habituelle Einflüsse in L 10 und L 5 dar. Die Angabe über den Zeitpunkt des Auftretens habitueller

Einflüsse in der Literatur schwanken sehr stark. Die sich daraus ableitenden Forderungen reichen von Spülintervallen von 5 bis 6 Minuten (Jongkees 1953, Kobrak 1918) über Intervalle von 10 Minuten (Stahle 1956) bis zu einer Pause von einer halben Stunde und mehr (Mittermaier 1952).

Nach den Beobachtungen mehrerer Autoren (u.a. Lidvall 1961, Henriksson et al. 1961, Mittermaier 1952) lassen dabei hauptsächlich Parameter wie Schlagzahl, max. SPV und die Amplitude deutliche Zeichen der Habituation erkennen, in geringerem Maße auch die Dauer.

Henriksson et al. (1961) beobachteten bei Vestibularuntersuchungen nach Fitzgerald/Hallpike an Katzen eine ausgeprägte R.D. für Warm- und Kaltspülungen vornehmlich bezüglich des Parameters "eye-velocity" (10 Minuten Spülintervall). Hamersma (1957) dagegen beobachtet bei vergleichbaren Untersuchungen an Erwachsenen (15 Minuten Spülabstand) eine geringe R.D. bei Warmspülungen allein für den Parameter "Dauer". Mittermaier (1952) findet unter ähnlichen Bedingungen habituelle Einflüsse auf die Amplitude und die Schlagzahl, weniger auf die Dauer.

Grundsätzlich ist das Ausmaß der Habituation auch von äußeren Versuchsbedingungen, besonders dem Wachheitsgrad und den Fixationsbedingungen abhängig.

In der Untersuchungsreihe L 10 besteht von der ersten bis zur dritten Spülung eine konsequente Abnahme in der Reaktivität, während die Aktivitäten der letzten beiden Spülungen praktisch keinen Unterschied erkennen lassen. Eine deutlich stärkere Abnahme in der Reaktivität der ersten drei Spülungen dokumentiert sich in der Untersuchungsreihe L 5.

In der Aktivität der vierten Spülung aber ergibt sich eine Zunahme gegenüber der dritten um 6 % der Gesamtaktivität. Dies steht im Gegensatz zu einer scheinbar habituell begründeten R.D. der drei ersten Reaktionen in L 5. Außerdem darf nicht vergessen

werden, daß unter den gegebenen Umständen (Dunkelheit, Augen offen, hohes Vigilanzniveau) der Einfluß der Habituation gewöhnlich gering ist oder gar nicht zutage tritt. Keineswegs erklärt sie derartige Aktivitätsänderungen, wie sie in L 5 in Erscheinung treten.

Für das sich hier darstellende Aktivitätsverhalten der Labyrinth können nach der ersten Spülung einsetzende und von höheren Schaltstellen ausgehende Suppressionsmechanismen wie periphere Ermüdungserscheinungen an den Labyrinthen verantwortlich gemacht werden nach folgendem Muster:

1. Spülung Re 44°C: Weckeffekt + Erstreaktion (re. Labyrinth)
Gesamtreaktion: sehr ausgeprägt
2. Spülung Li 44°C: Erstreaktion (li. Labyrinth)
Gesamtreaktion: ausgeprägt
3. Spülung Li 30°C: Einsetzende zentral/periphere Ermüdungsreaktion(li.L.)
Gesamtreaktion: weniger ausgeprägt
4. Spülung Re 30°C: Einsetzende zentral/periphere Ermüdungsreaktion(re.L.)
Gesamtreaktion: weniger ausgeprägt

Dieses Reaktionsbild entspricht weitgehend dem für L 10 errechneten Aktivitätsverhalten.

Es erklärt aber ebenfalls nicht das Reaktionsverhalten in L 5. Es scheint also vielmehr so, daß dafür Einflüsse verantwortlich zu machen sind, die im Phasencharakter der Nystagmusreaktion begründet sind. Denn nicht nur bei rotatorischer, sondern auch thermischer Vestibularprüfung ist ein zweiphasiger Nystagmus, der auch den Charakter des Vestibularorgans als ein schwingendes Gleichgewichtssystem entsprechen würde, zu beobachten (Mittermaier 1950, Boenninghaus 1953, Thornvall 1932). Unterschiedlich sind allerdings noch die Hypothesen über den Mechanismus, der

diesem Verhalten zugrunde liegen mag. Doch allein die bisherigen Untersuchungsergebnisse über den Phasenablauf des Nystagmus vermögen zur Erklärung des unterschiedlichen Reaktionsverhaltens in L 10 und L 5 beizutragen.

Die zweite Phase entspricht dem in entgegengesetzter Richtung ausschwingenden Nystagmus, der oft noch eine dritte, der ersten analoge Phase folgt. Legt man nun die sich im Großen und Ganzen entsprechenden Werte der verschiedenen Untersucher (Thornvall 1932, Boenninghaus 1953, Hamersma 1957) für die Pause zwischen den Phasen (30 - 100 sec.) und die Dauer (30 sec. - 4 bzw. 5 Minuten) der zweiten Phase als Durchschnittswert zur Festsetzung einer klinisch relevanten Pausenlänge zwischen den Spülungen zugrunde, dann erscheint im Mindestfall ein 10-Minuten-Spülintervall - unter gleichzeitiger Berücksichtigung der normalen Nystagmusedauer (130 - 200 sec.) - vertretbar. Demzufolge muß es aber bei einem Spülintervall von nur 5 Minuten zu einer Interferenz, also einer Phasenüberlagerung der Nystagmusantworten kommen. Vor den Gefahren solcher Interferenzerscheinungen, die zu einer Verzerrung der Labyrinthantworten führen, hat besonders Mittermaier (1950) gewarnt.

Dies erklärt möglicherweise das unruhige Reaktionsbild in den Untersuchungen mit 5-Minuten-Spülintervall. Bei einer durchschnittlichen Dauer des Nystagmus in beiden Untersuchungen von etwa 2 Minuten, einer Pause zwischen den beiden Phasen von ungefähr einer halben bis einer Minute und einer zweiten, der ersten entgegengesetzten Phase von vielleicht ein bis zwei Minuten ist es vorstellbar, daß der nach 5 Minuten zu setzende Nystagmus in eine zu dieser Zeit vorhandene dritte Phase des vorhergehenden Nystagmus - Boenninghaus hat sie beim thermischen Nystagmus beobachtet - fällt, die der ersten Phase gleichgerichtet ist. Der bei der zweiten Warmspülung gesetzte Linksnystagmus fällt somit theoretisch in eine dritte rechtsgerich-

tete Phase des ersten Rechtsnystagmus. Daraus resultiert eine auffällige Verminderung des Linksnystagmus nach der Warmspülung links, wie sie besonders ausgeprägt in den Untersuchungen mit 5 Minuten Spülabstand auftritt. Derselbe Mechanismus ist so möglicherweise auch für die relativ starke Abnahme der Reaktion des dritten Nystagmus verantwortlich.

Daneben verändern aber auch die Einflußfaktoren, die durch Vigilanz, Habituation und Temperaturveränderung wirksam werden, das Reaktionsbild. So ist gerade auch die Reaktionsabnahme nach der Kaltspülung links (dritte Spülung) mit einem Nystagmus nach rechts durch zusätzliche Temperaturänderungen, die hier wirksam werden, erklärbar. Denn laut Kleinfeldt/Dahl (1974) besteht nach 5 Minuten am lateralen Bogengang noch eine Temperaturänderung von einem Drittel der maximalen Temperaturänderung bei Spülungen von 30° und 44°C .

Nach Cawthorne und Cobb (1954) bestehen selbst noch nach zehn Minuten Temperaturänderungen kleiner $0,1^{\circ}\text{C}$. Bei einer weiteren am gleichen Ohr erfolgenden Spülung mit entgegengesetzter Temperaturwelle existiert folglich am Bogengang noch eine möglicherweise wirksame Temperaturänderung, die von der neuen Temperaturwelle gleichsam erst überwunden werden muß und hierdurch zu einer Gesamtminderung der aus der Endolymphströmung resultierenden Nystagmusaktivität führen könnte. Dies würde vielleicht auch die Tatsache erklären, daß in den Untersuchungen mit 10 Minuten Spülabstand zwischen der zweiten und dritten Spülung die relativ stärkste Aktivitätsabnahme zu beobachten ist.

Die Erklärung des Reaktionsverhaltens der letzten beiden Spülungsnystagmen aus dem hier beschriebenen Phasenmechanismus kann allerdings aufgrund des aus den Phasen der ersten beiden Nystagmen resultierenden komplexen Interferenzverhaltens bzw. Phasenverlaufs und der anderen Einflußfaktoren nicht eindeutig

sein. Die ausgeprägte Reaktivität des letzten Kaltnystagmus links in I. 5 aber liegt wohl darin begründet, daß der resultierende Linksnystagmus in diesem Fall nicht mehr in eine noch bestehende, dem Nystagmus entgegengesetzte Phase fällt. Die zweite Phase entspricht dem in entgegengesetzter Richtung ausschlagenden Nystagmus, der oft noch eine dritte, Boenninghaus analoge Phase folgt. Bei manchen Reaktionen, wie sie die ersten beiden Heißspülungen darstellen, auch die zweiten Phasen stärker ausgeprägt sind. Demnach ergäbe sich für die II. und III. Phase des (dritten) Kaltnystagmus links möglicherweise eine kürzere Dauer, so daß der Kaltnystagmus rechts keine Minderung durch eine bestehende dritte Phase (durchschnittswert zur Festsetzung einer klinisch relevanten Pausenlänge zwischen den Spülungen zugrunde, dann erscheint im Mittelstfall ein 10-minütiger Spülintervall unter jeder zeitiger Berücksichtigung der normalen Nystagmusdauer (130 - 200 sec.) der zureichend. Demzufolge müßte die Bestätigung der hier geäußerten Hypothesen über das Reaktionsverhalten bei Untersuchungen mit 5 Minuten Spülabstand kann allerdings erst eine eingehende Untersuchung des Phasenverhaltens bei thermischen Prüfungen liefern, die zu einer Klärung der Labyrinthantworten führen, hat besonders Mittermayer (1950) gewarnt.

Dabei wirft sich grundsätzlich auch die Frage nach der Dauer einer existenten Nystagmusbereitschaft bei einem durch thermische Reizung gesetzten Nystagmus auf. Barnes und Benson (1977) z.B. beschreiben in ihrer Untersuchung über Adaptationsphänomene bei thermischer Reizung eine bis zu 7 Minuten nach Versprünglicher thermischer Reizung noch bei Versuch der Ausschaltung zentraler Kompensationsmechanismen durch Kopfstellungsänderung - auflösbaren Nystagmus. Hood beschreibt in einem entsprechenden Versuch (1973) die Auflösbarkeit eines Nystagmus in eine zu dieser Zeit vorhandene dritte Phase des Nystagmus über eine Dauer von sogar 10 Minuten. Nach einer Pause von 5 Minuten scheint also durchaus noch eine zentrale Nystagmusbereitschaft existent zu sein. Dies würde also bedeuten, daß dadurch ein in einem Zeitraum von 5 Minuten auf eine bereits

tete Phase des ersten Rechtsnystagmus. Daraus resultiert erfolgte Spülung neuerlich ausgelöster Nystagmus in gleiche auffällige Verminderung des Linksnystagmus nach der oder entgegen gesetzter Richtung eine Steigerung bzw. Warmspülung links, wie sie besonders ausgeprägt in den Minderung erfahren würde.

Untersuchungen mit 5 Minuten Spülabstand auftritt. Derselbe Mechanismus ist so möglicherweise auch für die relativ einen weiteren wichtigen Gesichtspunkt, der eine mögliche starke Minusphase der Reaktion des dritten Nystagmus verantwortlich für das Reaktionsverhalten bei der klinischen

thermischen Vestibularprüfung bietet, liefern die Beobachtungen Salas (1965) über das efferente Vestibularsystem.

Daneben verändert aber auch die Einflußfaktoren, die durch die Spülung des Labyrinths nach thermischer Reizung eines Labyrinths nach Verletzung, Rabbit, 1960, die Temperaturveränderung wirksam werden. Warmreizen zu einer Depolarisation der Rezeptoren desselben den, das Reaktionsbild, ist gerade auch die Reaktionskurve Labyrinth und entsprechend zu einer Hyperpolarisation nach nahe nach der Spülung links (dritte Spülung) mit einem Kaltreizen. Gleichzeitig kommt es aber über einen Feedback-Nystagmus nach rechts. Diese zusätzliche Temperaturänderungen Mechanismus über zentrale Schaltstellen des efferenten Systems die hier wirksam werden erklärbar. Denn laut Kleinfeldt, 1961, zu einem umgekehrten Effekt am Kontralateralen Labyrinth, d.h. (1974) besteht nach 3 Minuten am lateralen Bogengang noch eine Depolarisation des erregten Labyrinths verursacht eine Hyperpolarisation der Rezeptoren des kontralateralen Labyrinths Temperaturänderung bei Temperaturen von 30° und 44° C von geringerer Intensität und längerer Latenz. Sala beschreibt, nach Cawthorne und Cobb (1954) bestehen selbst noch nach zehn die Dauer der Potentialänderungen der Labyrinthrezeptoren mit Minuten Temperaturänderung von 1°C bei einer weichen etwa 7 Minuten und entsprechend etwa 6 Minuten am Kontralateralen Labyrinth bei Reizung mit 50° C (30 cc. innerhalb 30 sec.) Temperaturveränderung von 1°C. Folglich an folgenden noch eine bzw. 5° C bei Tieren. Unterstellt man eine ähnliche Dauer für die Potentialänderungen auch bei Labyrinthuntersuchungen am Menschen, dann käme es bei thermischer Vestibularprüfung mit 5-Minuten Spülintervall zu einem gestörten Reaktionsbild nach eventuell folgendem Muster:

1. Re. 44°C: (A) Depol. re. + gleichzeit. Hyperpol. li. (AB) Spülung die AUSGEPRÄGTE NYSTAGMUS-REAKTION

2. Li. 44°C: (B) Depol. li. + geringer Hyperpol. - Rest li. (AB) Die Erklärung des Reaktionsverhaltens der letzten beiden Spülungen NYSTAGMUS-REAKTION -- gleichz. Hyperpol. (BD)

3. Li. 30°C: (C) Hyperpol. li. + geringer Depol. re. li. (AB) Nystagmus re. VERMIND. NYSTAGMUS-REAKTION -- gleichzeit. Depol. re. (CD) bzw.

4. Re. 30°C: (D) Hyperpol. re. + minimal. Depol. - Rest re. (BD+CD)

STÄRKERE NYSTAGMUS-REAKTION

Hyperpol. = Hyperpolarisation

Depol. = Depolarisation

Dieses daraus hypothetisch resultierende Reaktionsverhalten für die einzelnen Spülungen der thermischen Labyrinthprüfung entspricht weitgehend dem von uns für die Untersuchungsreihe L 5 ermittelten durchschnittlichen Reaktionsverhalten.

Ich möchte abschließend noch kurz auf das beiden Untersuchungsreihen gemeinsame, auffällige und bereits erwähnte unterschiedliche Aktivitätsverhalten zwischen rechtem und linkem Ohr eingehen.

Der Beweis eines grundsätzlich unterschiedlichen systemimmanenten labyrinthären Schwellenverhaltens zwischen re. und li. Vestibularorgan konnte nicht erbracht werden. Eine Beantwortung dieser Frage kann letztlich auch nur durch eine grundlegende Untersuchung bezüglich des Aktivitätsverhaltens einzelner Spülungen einer kompletten Labyrinthuntersuchung liefern, bei der die Probanden neben einer "normalen" Labyrinthprüfung auch Untersuchungen mit umgekehrter Spülreihenfolge unterzogen werden sollten, um ein möglicherweise bestehendes seitenbetontes Aktivitätsverhalten aufzuspüren. Gramowski u. Unger (1969) jedenfalls, die bei thermischen Vestibularprüfungen (Re 30°C - Li 30°C - Re 44°C - Li 44°C) eine auffallende Seitendifferenz beobachteten, die sie auf einen möglichen Anpassungseffekt und auf die Fähigkeit des Probanden, sich mit der Versuchssituation vertraut zu machen, zurückführten, haben Vergleichsspülungen mit seitenveränderter Spülreihenfolge (Li 30°C - Re 30°C - Li 44°C - Re 44°C) durchgeführt, aber nicht einen eigentlichen Wechsel des SD-Verhaltens, sondern ein weiterhin bestehendes Aktivitätsüberwiegen links beobachtet.

In den vorliegenden Untersuchungen ergibt sich das SD-Aktivitätsverhalten hauptsächlich aufgrund einer ausgeprägten Erstreaktion nach Warmspülung mit 44°C rechts.

Auffällig hohe Aktivitätswerte der Erstreaktionen nach einer ersten Ohrspülung beschreiben neben Gramowski (1969) schon Veits (1928) und Eckel (1963). Hierfür ist sicherlich zum großen Teil - jedenfalls in den vorliegenden Untersuchungen - ein allgemein zu Beginn einer Untersuchung höheres bis maximales Vigilanzniveau wie auch der mit einer Erstspülung grundsätzlich verbundene Weckeffekt mitverantwortlich. Auch ist eine gewisse mit der Zunahme der Spülungen zu beobachtende Abnahme der Nystagmus-Antworten bei der thermischen Labyrinthprüfung aufgrund eines auf das fremdartige Reizmuster - das die thermische Reizung darstellt - einsetzenden zentral gesteuerten Lern- oder Suppressionsprozesses in Form der Habituation nicht völlig zu unterdrücken, was das Hervortreten der Erstreaktionen zusätzlich erklären würde.

Interessant ist in diesem Zusammenhang vielleicht auch noch eine von uns gemachte Beobachtung bei Vergleich des Aktivitätsverhaltens nach erster Spülung von Anfangs- und Zweituntersuchungen. Wie bereits erwähnt, entfallen durchschnittlich 27 % der Gesamtaktivität nach Warmspülung rechts mit 44° C auf die Untersuchung mit L 10 als Anfangsuntersuchung entsprechend einem Prozentwert von 30 in den Untersuchungen mit 5 Minuten Spülabstand als Anfangsspülung. Der Anteil der Aktivität nach der ersten Spülung (re 44° C) in L 10 und L 5 als Zweituntersuchung aber ist mit einem Anteil von durchschnittlich genau 21,3 % bzw. 21,8 % an der Gesamtaktivität fast gleich.

Dies läßt auf eine möglicherweise unterschiedliche Erwartungshaltung (ähnlich einem erhöhten Vigilanzniveau) bei der Labyrinthprüfung mit 10 Minuten bzw. 5 Minuten Spülintervall als Erstuntersuchung schließen. So ist unter Umständen die Erwartungshaltung der Probanden bei der 5-Minuten-Untersuchung höher, gerade weil sie - was uns von den Probanden auch immer wieder bestätigt wurde - als im vornherein subjektiv unangenehmer empfunden wird einfach aus der Tatsache heraus, daß sich der Pro-

band den kurz aufeinanderfolgenden Spülungen ausgesetzt sieht. Demgegenüber scheint sich die Erwartungshaltung bei den thermischen Labyrinthprüfungen L 10 und L 5 als Zweituntersuchung weitgehend nivelliert zu haben.

Zur Vermeidung einer solch scheinbar "anormalen" Erstreaktion bei thermischer Vestibularprüfung mit einer daraus sich notwendigerweise ergebenden Verfälschung des Seitenaktivitätsverhaltens aufgrund der möglichen genannten Effekte erscheint es mir deshalb notwendig, bei wissenschaftlichen, wenn nicht sogar allgemein klinischen thermischen Labyrinthprüfungen grundsätzlich eine "Voruntersuchung" durchzuführen in der Art, daß der Proband sich etwa eine bis eine halbe Stunde vor der eigentlichen Vestibularprüfung zwei Warmspülungen - die ja auch meist als unangenehmer empfunden werden - unterziehen sollte, um sozusagen die thermische Labyrinthprüfung kennenzulernen und damit den bekannten Weckeffekt oder einen möglichen (labyrinthären) Übungseffekt auszugleichen.

Andere Untersucher beobachten - im Widerspruch zu dem oben Beschriebenen - gelegentlich aber auch eine Hemmung der Erstreaktion, die sie auf einen übermäßigen Schreckeffekt bei der ersten Spülung zurückführen. Auch um diesen Effekt zu vermeiden, wäre für zumindest wissenschaftliche Labyrinthprüfungen eine Voruntersuchung der vorgestellten Art zu fordern.

Ein Lateralisierungseffekt, der sich in einer ausgeprägten Seitendifferenz, z.B. nach rechts, wie in den vorliegenden Untersuchungen darstellt, kann aber vermutlich auch durch die räumliche Versuchssituation mitverursacht werden. Denn um ein möglichst hohes, gleichmäßiges Vigilanzniveau aufrechtzuerhalten, werden dem Patienten oder Probanden heute von vielen Untersuchern Additions- oder Multiplikationsaufgaben über ein Tonband oder durch den Versuchsleiter gestellt. Dabei sollten die Lautsprecher aber so gestellt werden, daß die Schallwelle dem Probanden von vorn, von hinten oder von beiden Seiten erreicht. Eine einseitige Schallausrichtung - z. B. ein Lautsprecher

rechts vom Patienten postiert - kann nämlich eine unwillkürliche, ständige Ausrichtung und Hinwendung des Patienten in nur eine Richtung zur Folge haben, die unter Umständen auch einen Einfluß auf den Richtungsnystagmus in Form einer Verstärkung oder Minderung zu nehmen vermag.

9. ZUSAMMENFASSUNG

- * Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, mögliche Einflüsse unterschiedlicher Spülintervall-Dauer auf das Nystagmus-Aktivitätsverhalten einer thermischen Labyrinthprüfung zu untersuchen sowie die sich hieraus ableitenden Konsequenzen für eine einheitliche Standardisierung der thermischen Labyrinthprüfung darzustellen.
- * Zu diesem Zweck wurden die Ergebnisse zweier Untersuchungsreihen einer nach Scherer et al. standardisierten Labyrinthprüfung im Liegen mit fünf Minuten (L5) bzw. zehn Minuten (L10) Spülintervall-Dauer verglichen. Es wurden 30 weibliche wie männliche gesunde Probanden im Alter von 15 - 31 Jahren herangezogen. Die Nystagmusregistrierung erfolgte über eine binokuläre, horizontale Nystagmusableitung per Elektronystagmographie mit halbautomatischer Auswertung.
- * Die beiden Untersuchungsreihen zeigten Unterschiede im Gesamtaktivitäts- und Seitendifferenzverhalten, die auf ein eindeutiges Überwiegen der ersten Warmspülung rechts, besonders in der Untersuchungsreihe L 5, zurückzuführen waren. Für L 5 errechnete sich eine um 20 % höhere durchschnittliche Gesamtaktivität als in L 10 bei einem gleichzeitig mittleren Aktivitätsunterschied zwischen rechtem und linkem Ohr von 44,5 % verglichen mit einem mittleren Aktivitätsunterschied zwischen links und rechts von 10,8 % in L 10. Der Seitendifferenz-Unterschied in L 5 und L 10 bei einem mittleren SD-Wert von -14,6 (%) bzw. -5,6 (%) mit einer deutlichen Betonung der Rechtsaktivitäten in L 5 ließ hierbei kein grundsätzliches systemimmanentes, asymmetrisches Labyrinthverhalten erkennen.

* Als mögliche Ursachen für das Herausragen der Nystagmusaktivitäten nach erster Warmspülung rechts bei thermischer Prüfung lassen sich anführen:

1. Der Schreckeffekt des Erstreizes rechts, der eine direkte Beziehung zur jeweiligen Erwartungshaltung des Probanden vermuten läßt.
2. Ein möglicher Lateralisierungseffekt, bedingt durch die räumliche Versuchssituation.
3. Die im Sinne einer "response decline" (R.D.) wirksame Abnahme der Nystagmus-Antworten bei wiederholten Reizen, die zu einer konsekutiven Betonung der Aktivitäten rechts nach erster Warmspülung rechts führen kann.

* Um diese Störfaktoren auszuschalten, müssen besonders strenge Forderungen an die Richtlinien für die Versuchsdurchführung einer standardisierten thermischen Prüfung gestellt werden:

1. Zur Vermeidung des bekannten Weckeffektes bei Erstspülung sollte - zumindest für eine klinisch wissenschaftliche thermische Prüfung - die Forderung nach einer Vorspülung beidseits (je eine Warmspülung links und rechts), etwa eine bis eine halbe Stunde vor der eigentlichen thermischen Prüfung, gestellt werden.
2. Es ist eine grundsätzliche Aufklärung durch den Arzt oder das jeweilige mit der Durchführung vertraute medizinische Personal erforderlich, um die unterschiedliche Erwartungshaltung der verschiedenen Probanden zu "nivellieren".
3. Besondere Aufmerksamkeit ist - vor allem bei Untersuchung mit 10 Minuten Spülintervall - der Aufrechterhaltung eines konstanten Vigilanzniveaus des Probanden zu schenken.

Unserer Ansicht nach scheint hierbei das kontrollierte Rechnen (mit Multiplikationen einfachen bis mittleren Grades) besonders geeignet. Die Aufrechterhaltung des Vigilanzniveaus zwi-

schen den einzelnen Spülungen wird am ehesten durch die Konversation des Untersuchers mit dem Probanden gewährleistet.

* Die Unterschiede im Einzelreaktionsverhalten beider Untersuchungsreihen L 5 und L 10 dokumentierten - in Bestätigung der bereits dargestellten Gesamtaktivitäts- und Seitendifferenzunterschiede - für L 5 ein insgesamt asymmetrisches, dissoziierendes Reaktionsverhalten im Rahmen der kompletten thermischen Prüfung bei einem gleichmäßigen, symmetriebetonten Gesamtaktivitätsverhalten in L 10. Das dissoziierende Einzelreaktionsverhalten in L 5 läßt sich aufgrund von - bei kurzem Spülintervall von 5 Minuten - möglicherweise wirksam werden- den Einflüssen erklären, die begründet sind:

1. Im Phasencharakter des thermisch ausgelösten Nystagmus.
2. In noch wirksamen Temperaturdifferenzen an den Bogengängen.
3. In allgemein einsetzenden zentral-peripheren Ermüdungsreaktionen.
4. In zentralen Ausgleichsvorgängen, die über einen möglichen Feedback-Mechanismus an der kontralateralen Seite angreifen.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse erscheint eine Vereinheitlichung der Spülintervall-Dauer auf 10 Minuten im Sinne einer weiteren Standardisierung der thermischen Prüfung wünschenswert. Dies beinhaltet letztlich aber die Forderung nach einer allgemeingültigen, einheitlichen Versuchsdurchführung in Bezug auf die äußeren Versuchsbedingungen wie die räumliche Anordnung, einen geregelten Versuchsablauf einschließlich ärztlicher Aufklärung, sinnvollen Vorspülungen sowie einheitlicher Vigilanznivellierung. Nur so können die Forderungen an die Reproduzierbarkeit und einheitliche Dokumentierung von Nystagmen weiter erfüllt werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- v.Albert, H.H. Die vestibuläre Habituation. Klin. Wochenschrift 49 (1971) 121
- Arnold, G.E. Referat vor dem 2. Internationalen Vestibularis-Symposium in Genf 1959
- Arslan, M. Über die Methodik der Vestibularuntersuchungen mit einem Vorschlag zur Standardisierung. Fortschr. HNO-Heilk. 1 (1953) 148
- Baloh, R.W.et al. Caloric Testing. 1. Effect of Different Conditions of Ocular Fixation. Ann. Otol. 86 Suppl. 43 (1977), 1
- Barnes, G.R.,
Benson, A.J. Adaptation in the Caloric Response: in Hood J.H., ed.: Vestibular Mechanisms in Health and Disease. London, Academic Press, 1978, 254
- Barany, R. Untersuchungen über den vom Vestibularapparat des Ohres ausgelösten rhythmischen Nystagmus und seine Begleiterscheinungen. Mschr. Ohrenheilk. 40 (1906), 191
- Barany, R. Weitere Untersuchungen über den vom Vestibularapparat des Ohres reflektorisch ausgelösten Nystagmus und seine Begleiterscheinungen. Mschr. Ohrenheilk. 41 (1907), 477
- Barany, R. Physiologie und Pathophysiologie des Bogengangapparates beim Menschen. Deuticke-Verlag, Wien, 1907
- Bartels, M. Verhandlungen der deutschen otologischen Gesellschaft (Diskussionsbeitrag) 20 (1911), 214
- Blumenthal, A. Zur Erklärung des kalorischen Nystagmus. Beiträge Anatomie etc. Ohr 20 (1924) 307
- Blumenthal, A. Weitere experimentelle Beiträge zur Erklärung des kalorischen Nystagmus. Beiträge Anatomie etc. Ohr 22 (1925) 180
- Boenninghaus, H.G. Calorisation und mehrphasiger Nystagmusablauf. Arch. Ohr-, Nas.-u. Kehlkopfheilk. 164 (1953) 50

- Borries, G.V.Th. Experimental Studies on the Rotatory and the Caloric Test in Pigeons. Acta oto-laryng. 2 (1920-21) 398
- Borries, G.V.Th. Studies on normal caloric Nystagmus. Acta oto-laryng. 4 (1922) 8
- Breuer, J. Neue Versuche an den Ohrenbogengängen. Pflügers Archiv ges. Physiol. 44 (1889) 135
- Brown-Sequard, C. Course of Lectures on the Physiology and Pathology of the Central Nervous System. Philadelphia: Collins 1860, 187
- Brunner, A.,
Norris, T.W. Age-related changes in caloric nystagmus. Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 282 (1971)
- Brünings, H. Beiträge zur Theorie, Methodik und Klinik der kalorimetrischen Funktionsprüfung des Bogengangapparates. Z. Hals-, Nas.-Ohrenheilk. 63 (1911) 20
- Cawthorne, T.,
Cobb, W.A. Temperature changes in the Perilymph Space in Response to Caloric Stimulation in Man Acta oto-laryng. (Stockh.) 44 (1954) 580
- Christian, W. Der Einfluß der Reizstärke auf Schlagzahl und Amplitude beim kalorisch ausgelösten Nystagmus. Z. Laryng. Rhinol. Otol. 33 (1954) 708
- Christian, W. Erfahrungen mit der Nystagmographie des kalorisch ausgelösten Nystagmus. Z. Laryng. Rhin. Otol. 33 (1954) 29
- Claussen, L.F. Die quantitative Vestibularisprüfung - eine audiogrammanaloge Auswertung von Nystagmusbefunden (Schmetterlingsschema) Z. Laryng. Rhinol. 48 (1969) 938
- Claussen, L.F. Audiogrammanaloge Auswertungsschemata in der Vestibulometrie HNO 19 (1971) 276

- Claussen, L.F. Neue Wege der Rationalisierung, Auswertung
und Dokumentation in der Vestibulometrie.
Z. Laryng. Rhinol. 50 (1971) 524
- Claussen, L.F.
et al. Praktikum der Elektronystagmographie. Verlag:
Edition Medizin und Pharmacie, Frankfurt/Main
1975
- Collins, W.E.
Crampton, G.H.
Posner, J.B. Effects of Mental Activity on Vestibular Ny-
stagmus and the Electroencephalogram, Nature,
190 (1961) 194
- Collins, W.E.
Guedry, F.E.
Posner, J.B. Control of Caloric Nystagmus by Manipulating
Arousal and Visual Fixation Distance, Ann.
of Otol. Rhinol. Laryng. 71 (1962) 187
- Collins, W.E. Effects of Mental Set upon Vestibular Ny-
stagmus. J. Exp. Psychol. 63 (1962) 191
- Collins, W.E. Subjective Responses and Nystagmus following
Repeated Unilateral Caloric Stimulation. Ann.
of Otol. Rhinol. Laryng. 74 (1965) 1034
- Collins, W.E. Some Methodological Considerations in Caloric
Tests of Vestibular Function. NASA - SP - 152;
26 (1968) 393
- Crampton, G. H. Effects of Visual Experience on Vestibular
Nystagmus. Habituation in The Cat. Acta oto-
laryng. (Stockh.) 55 (1962) 516
- Dodge, R. Habituation to Rotation. J. exp. Psychol. 6
(1923) 1
- Dohlman, G. Physikalische und Physiologische Studien zur
Theorie des kalorischen Nystagmus. Acta oto-
laryng. (Stockh.) Suppl. 5 (1925)
- Dubois, Reymond E. Untersuchungen über thierische Elektrizität
Berlin: G. Reimer 1849
- van Egmond, A.A.J. On the Slow Phase of the Caloric Nystagmus.
Toik, J. Acta oto-laryng. (Stockh.) 44 (1954) 589

- van Egmond, A.A.J. The Mechanics of the Semicircular Canal.
Groen, J.J. J. Physiol. 110 (1949) 1
Jongkees, L.B.W.
- Emami-Nouri, M. Die Vestibularpotenz und deren schematische Darstellung. HNO 20 (1972) 56
- Eckel, W. Elektronystagmographische Untersuchungen
Kuipers, G. zur tageszeitlichen und durch verschiedene
Wendt, D. Bevorzugtseinsgrade bedingte Variabilität
des experimentellen Nystagmus. Arch. Ohren-,
Nasen- u. Kehlkopf-Heilk. 181 (1963) 175
- Fischer, M.H. Die Regulationsfunktionen des menschlichen Labyrinthes und die Zusammenhänge mit verwandten Funktionen. Ergebnisse Physiolog. 27 (1928) 209
- Fischer, M.H. Über die Beeinflussung einiger calorischer Vestibularisprüfungen durch zentral-nervöse Faktoren. Z. HNO-Heilk. 29 (1931) 216
- Fitzgerald, G. Studies in Human Vestibular Function: I. Observation on the Directional Preponderance (Nystagmusbereitschaft) of Caloric Nystagmus Resulting from Cerebral Lesions. Brain 65 (1942) 115
Hallpike, C.S.
- Fluur, E. Habituation, Efference and Vestibular Interplay. I. Monoaural Caloric Habituation. Acta oto-laryng. (Stockh.) 55 (1962) 65
Mendel, L.
- Fluur, E. Habituation, Efference and Vestibular Interplay. II. Combined Caloric Habituation, Acta oto-laryng. (Stockh.) 55 (1962) 136
Mendel, L.
- Forssmann, B. Studies on Habituation of Vestibular Reflexes. Acta oto-laryng. 56 (1963) 663
Henriksson, N.G.
Dolowitz, D.A.
- Gorlia, O. Enregistrement de la fréquence du nystagmus au cours des épreuves thermiques. Acta oto-rhino-laryng. belg. 19 (1965) 823

- Gramowski, K.-H. Experimentelle vestibuläre Habituation bei
Unger, E. jungen und älteren Versuchspersonen. Z.
Laryng. Rhinol. 48 (1969) 207
- Gramowski, K.-H. Über die Altersabhängigkeit thermischer Laby-
Unger, E. rinthreaktionen. Z. Laryng. Rhinol. 52 (1973) 541
- Griffith, C.R. The Organic Effects of Repeated Bodily Rotation
J. exp. Psychol. 3 (1920) 15
- Grohmann, R. Gesamtamplitude und Frequenz als Bewertungs-
Minnigerode, B. gröÙe des experimentellen Nystagmus. Acta oto-
laryng. (Stockh.) 63 (1967) 551
- Grohmann, R. Zur Auswertung und Dokumentation von Elektro-
nystagmogrammen Z.Laryng.Rhinol. 54 (1975) 498
- Haid, C.T. Das Frequenz-Kalorigramm. Eine Analogdarstellung
Wigand, M.E. der kalorischen Nystagmusreaktion. Z.Laryng.
Rhinol. 55 (1976) 654
- Hamersma, H. The Caloric Test. A Nystagmographical Study;
Diss., Amsterdam 1957
- Henriksson, N.G. The Correlation between the Speed of the Eye
in the Slow Phase of Nystagmus and Vestibular
Stimulus. Acta oto-laryng. (Stockh.) 45 (1955) 120
- Henriksson, N.G. Speed of Slow Component and Duration in Caloric
Nystagmus. Acta oto-laryng. Suppl. 125 (1956) 3
- Henriksson, N.G. The Caloric Test in the Cat. Acta oto-laryng.
Fernández, C. (Stockh.) 53 (1961) 21
Kohut, R.
- Henriksson, N.G. Studies on Habituation of Vestibular Reflexes.
Kohut, R. Acta oto-laryng. (Stockh.) 53 (1961) 333
Fernández, C.
- Henriksson, N.G. Studies of Cristospinal Reflexes (Laterotorsion)
Forssmann, B. Acta oto-laryng. (Stockh.) 55 (1962) 33 u. 116
Dolowitz, D.A.
- Henriksson, N.G. A Synopsis of the Vestibular System. An Effort
Pfaltz, C.R. to standardize Conceptions, Test and their
Torok, N. Evaluation. Sandoz Monographs 1972
Rubin, W.

- Hofferberth, B.
Moser, M. Die Aufrechterhaltung eines gleichmäßigen
Vigilanzniveaus bei der Elektronystagmographie.
Z. Laryng. Rhin. 60 (1981) 255
- Hood, J.D.
Pfaltz, C.R. Observations upon the Effects of Repeated
Stimulation upon Rotational and Caloric
Nystagmus. J. Physiol. 124 (1954) 130
- Hood, J.D.
Dix, M.R. The Significance of Optic Fixation in Tests
of Vestibular Function. Equilibr. Res. 3
(1973) 95
- Jongkees, L.B.W. Value of the Caloric Test of the Labyrinth.
Arch. Otolaryng. 48 (1948) 402
- Jongkees, L.B.W. Origin of the Caloric Test of the Labyrinth.
Arch. Otolaryng. 48 (1948) 645
- Jongkees, L.B.W. Which is the Preferable Method of Performing
the Caloric Test? Arch. Otolaryng. 49 (1949) 594
- Jongkees, L.B.W. Über die Untersuchungsmethoden des Gleichge-
wichtsorgans. Fortschritte HNO-Heilk. I (1953) 1
- Jongkees, L.B.W. Physiologie und Pathophysiologie des Vestibular-
organs. Arch. Klin. exp. Ohr-, Nas.-u. Kehlkopf-
heilk. 194 (1969) 1
- Jongkees, L.B.W. Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde in Praxis u.
Klinik. 2. Auflage 1979. Georg Thieme Verlag,
Stuttgart
- Jung, R.
Mittermaier, R. Zur objektiven Registrierung und Analyse ver-
schiedener Nystagmusformen: Vestibulärer,
optokinetischer u. spontaner Nystagmus in ihren
Wechselbeziehungen. Archiv Ohren-, Nasen- u.
Kehlkopfheilk. 146 (1939) 410
- Jung, R. Die Registrierung des postrotatorischen und
optokinetischen Nystagmus und die optisch-
vestibuläre Integration beim Menschen.
Acta oto-laryng. (Stockh.) 36 (1948) 199

- Kileny, P.
Mc Cabe, B.F.
Ryn, J.H.
Kleinfeldt, D.
Dahl, D.
De Kleyn, A.
Kobrak, F.
Kornhuber, H.H.
Kornhuber, H.H.
Kornhuber, H.H.
Kurzeja, A.
Strauss, P.
Heinig, A.
Löbner, S.
Lidvall, H.F.
Lidvall, H.F.
Lidvall, H.F.
- Effects of Attention - Requiring Tasks on Vestibular Nystagmus. *Ann. Otolaryng.* 89 (1980) 9
- Die Temperaturänderung am horizontalen Bogen- gang des Menschen bei thermischen Vestibular- prüfungen. *Z.Laryng.Rhinol.* 53 (1974) 205
- Einige experimentell-klinische Bemerkungen über die kalorische Reaktion. *Archiv f. Ohren-, Nasen- u. Kehlkopfheilk.* 122 (1929) 169
- Beiträge zum experimentellen Nystagmus. Bei- träge Anat. etc. *Ohr* 10 (1918) 214
- Physiologie u. Klinik des zentral-vestibulären Systems (Blick-u.Stützmotorik). In: *HNO-Heilk., ein kurzgef. Lehrb.* Herausgeb.: Berender J., Link R., Zöllner F., III, 3, 2150. Georg Thieme- Verlag, Stuttgart 1966
- Nystagmus und Related Phenomena in Man: An out- line of oto-neurology. In: *Handbook of Sensory Physiology* (Ed.: H.H.Kornhuber) IV/2, 193
Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1974
- Physiologie u. Klinik des vestibulären Systems. *Arch. Ohren-,Nasen- u. Kehlkopfheilk.* 194 (1969) 111
- Vergleich verschiedener Nystagmusparameter mit der gemessenen sog. maximalen Winkelgeschwindig- keit bei der thermischen Erregbarkeitsprüfung. *Z. Laryng. Rhinol.* 57 (1978) 143
- Specific and non-specific Traits of Habituation in Nystagmus Responses to Caloric Stimuli. *Acta oto-laryng.* (Stockh.) 55 (1962) 315
- Vertigo and Nystagmus Responses to Caloric Stimuli Repeated at Short and Long Intervals. *Acta oto-laryng.* (Stockh.) 53 (1961) 507
- Vertigo and Nystagmus Responses to Caloric Stimuli Repeated at Short Intervals. *Acta oto-laryng.* (Stockh.) 53 (1961) 33

- Litton, W.B.
Mc. Cabe, B.F. Controllable Variables in Vestibulometry.
Arch. Otolaryng. 86 (1967) 445
- Minnigerode, B.
Grohmann, R.
Vontin, H. Elektronystagmographische Untersuchungen zum
Verhalten der Labyrinthfunktion gesunder Ver-
suchspersonen verschiedenen Lebensalters.
Pract. oto-rhino-laryng. 29 (1967) 153
- Minnigerode, B. Kritisches zur Standardisierung quantitativer
Vestibularisprüfungen unter besonderer Berück-
sichtigung des Frequenznystagmogrammes.
Z. Laryng. Rhinol. 53 (1974) 837
- Minnigerode, B.
Grohmann, R.
Bartholomé, W. Zur Problematik der Elektronystagmographie in
der klinischen Diagnostik der Vestibularerkran-
kungen. Arch. Oto-Rhino-Laryng. 218 (1977) 123
- Mittermaier, R. Über die Ausgleichsvorgänge am Vestibularapparat.
Z.Laryng. Rhinol. 29 (1950) 487 (I.Mitteilung)
29 (1950) 585 (II.Mitteilg.)
- Mittermaier, R. Über die Beeinflussung des experimentell aus-
gelösten Nystagmus durch wiederholte Reizungen.
Z.Laryng. Rhinol. 31 (1952) 360
- Mittermaier, R.
Ebel, B. Elektrographische Nystagmus-Registrierung.
Z.Laryng. Rhinol. 31 (1952) 115
- Mittermaier, R.
Christian, W. Dauer, Schlagzahl und Gesamtamplitude des
kalorischen Nystagmus. Z.Laryng.Rhinol.33(1954) 20
- Mittermaier, R. Über die Amplitude des experimentell ausgelösten
Nystagmus. Pract. oto-rhino-laryng. (Basel)
16 (1954) 108
- Mittermaier, R. Über systematische nystagmographische Unter-
suchungen des kalorischen u. rotatorischen
Nystagmus. Acta oto-laryng. (Stockh.) 44 (1954) 56
- Mittermaier, R. Die experimentellen Gleichgewichtsprüfungen. In:
HNO-Heilk., ein kurzgef. HdB. Herausg.:Berendes
J., Link R., Zöllner F.; III, 1, 581, Thieme-
Verlag Stuttgart (1966)

- Molnar, E.M.,
Torok, N. The Effect of Ocular Fixation on the
Caloric Nystagmus. ORL, 36 (1974) 76
(Oto-Rhino-Laryng.)
- Montandon, A.
Monnier, M. Proc. 5th Int. Congr. O.R.L. 1953, S. 262
van Gorkum Assen 1955
- Mulch, G. Elektronystagmographische Vergleichsunter-
suchungen zur Aussagekraft der Nystagmus-
Frequenz als Parameter der Reizantwort nach
rotatorischer Reizung. HNO 21 (1973) 241
- Mulch, G.
Trincker, U. Physiologischer Spontan- und Lagennystagmus.
Laryng. Rhinol. 54 (1975) 841
- Mulch, G.
Leonardy, B.
Petermann, W. Which are the Parameters of Choice for the
Evaluation of Caloric Nystagmus? Arch. Oto-Rhino-
Laryng. 221 (1978) 23
- Mulch, G.
Leonardy, B.
Petermann, W. Normalwerte der thermischen Labyrinthreaktion.
Z. Laryng. Rhinol. 57 (1978) 528
- Mulch, G.
Petermann, W. Welchen Einfluß hat das Lebensalter auf das
Ergebnis der thermischen Vestibularisprüfung?
Arch. Ohren-, Nasen- u. Kehlkopfheilk. 216 (1977) 603
- Mulch, G.
Leonardy, B. Zur Tauglichkeit absoluter "Normwerte" bei der
Beurteilung der thermischen Vestibularisprüfg.
Laryng. Rhinol. 56 (1977) 376
- Mulch, G.
Scherer, H. Methoden zur Untersuchung des vestibulären
Systems (Teil II). Thermische Prüfung. HNO-
Information 1/80; 7 Demeter-Verlag
- Pfaltz, C.R. Die normale kalorische Labyrinthreaktion.
Arch. Ohren-, Nasen- u. Kehlkopfheilk. 172(1957) 131
- Pfaltz, C.R. Quantitative Parameters in Nystagmography.
II. The Nystagmus Amplitude. Oto-Rhino-Laryng.
(ORL) 36 (1974 a) 46

- Ranacher, G. Untersuchung zum Einfluß der Vigilanz auf die
Moser, M. Nystagmusreaktion. Arch. Oto-Rhino-Laryng.
234 (1982) 267
- Reker, U. Zur Kalorischen Vestibularisdiagnostik.
Arch. Oto-Rhino-Laryng. 213 (1976) 477
- Rossberg, G. Über die Temperaturleitung vom äußeren Gehör-
gang zum Vestibularapparat bei thermischer
Reizung. Z. Laryng. Rhinol. 29 (1950) 353
- Sala, O. The Efferent Vestibular System. Electro-
physiological Research. Acta oto-laryng.
(Stockh.) Suppl. 197 (1965)
- Scherer, H. Die halbautomatische Nystagmusanalyse.
Hausmann, G. Arch. Oto-Rhino-Laryng. 213 (1976) 484
- Scherer, H. Referat vor der ADANO*, Bonn, (1978)
- Scherer, H. Die Beeinflussung der vestibulären Untersuchung
Holtmann, S. durch Alkohol. Z. Laryng. Rhinol. 62 (1983) 558
- Schmaltz, G. Über die Temperaturbewegung im Felsenbein bei
Völger, G. der kalorischen Reizung des Vestibularapparates.
Pflügers Archiv ges. Physiolog. 204 (1924) 708
- Schmaltz, G. The physical Phenomena Occuring in the Semi-
circular Canals during Rotatory and Thermic
Stimulation. Proc. roy. Soc. Med. (Sect. Otol.)
25 (1932) 35
- Sjöberg, A. Treatment of Menière's Disease by Ultrasonic
Stahle, J. Irradiation. Acta oto-laryng. (Stockh.)
Johnson, S. Suppl. 178 (1963)
Sahl, R.
- Sokolovski, A. The Influence of Mental Activity and Visual
Fixation upon Caloric Induced Nystagmus in
Normal Subjects. Acta oto-laryng. (Stockh.)
61 (1966) 209

- Sokolovski, A. Dauer, maximale Geschwindigkeit und Kulminationsschlagzahl als ENG-Parameter bei neuro-otologischen Patienten. Arch. Oto-Rhino-Laryng. 213 (1976) 483
- Stahle, J. Electronystagmography in the Caloric Test. Acta Soc. Med. upsalien 61 (1956) 307
- Stahle, J. Electro-Nystagmography in the Caloric and Rotatory Tests. Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 137 (1958) 8
- Steinhausen, W. Über die Funktion der Cupula in den Bogen-gangsampullen des Labyrinths. HNO, 34 (1933) 201
- Steinhausen, W. Über die Cupula. HNO, 39 (1936) 19
- Strauss, P.
Meyer zum
Gottsberge, A.. The Effect of Mental Activity on Thermically Induced Nystagmus under Changed Test Conditions. 6th Extraord. Meeting Barany Society London, Sept. 1977
- Thornvall, A. Quelques expériences sur la réaction calorique après les injections d'eau froide et chaude. Acta oto-laryng. (Stockh.) 17 (1932) 163
- Thorpe, W.H. The Concepts of Learning and their Relation to those of Instinct. In Daniellia.Brown (eds.): Physiological Mechanismus in Animal Behaviour; Symp. Soc. exp. Biol. 4, 387, Cambridge: University Press, 1950
- Tibbling, L. The Influence of Tobacco, Smoking, CO and CO₂ on Vestibular Nystagmus. Acta oto-laryng. (Stockh.) 68 (1969) 118
- Torok, N. Differential Caloric Stimulations in Vestibular Disease. Arch. Otolaryng. 90 (1969) 52
- Torok, N. Quantitative Parameters in Nystagmography. J. Oto-Rhino-Laryng. 36 (1974) 37

- Veits, C. Zur Technik der kalorischen Schwach-
 reizuntersuchung. HNO 19 (1928) 542
- Vesternhauge, S. Normal Values in a Routine ENG Test.
Larsen, P.K. Acta oto-laryng. 84 (1977) 91
- Wiskovsky, B. L'examen à deux phases du nystagmus thermiques.
 Acta oto-laryng. (Stockh.) 35 (1947) 367

LEBENS LAUF

Wulf-Dietrich
ROESER-MUELLER 8399 Fürstenzell, Wimbergerstr. 5 a

geb. 08.02.1954 in München-Pasing

Eltern Wilhelm Roeser-Mueller, Arzt
Rosa Roeser-Mueller, geb. Panzer, Lehrerin

Familienstand verheiratet, 1 Kind

Schule 1960-1964 Volksschule Parsberg/opf.
1964-1968 Neusprachliches Gymnasium
in Neumarkt/Opf.
1968-1974 Johannes-Turmair-Gymnasium
in Straubing
1974 Abitur

Wehrdienst Januar - April 1975

Studium 1975-1982 Studium der Humanmedizin an der
Ludwig-Maximilian-Universität
München

Wehrdienst ab September 1982 Ableistung der rest-
lichen Wehrdienstzeit als Stationsarzt
am Sanitäts-Zentrum 612 München (San.-Akad.)

Beruf ab September 1983 bis heute:
Assistenz-Arzt an der Medizinischen Klinik
Passau - Kohlbruck

Fürstenzell, 1. Juli 1984

